

الإلف كتاب

(١٨٠)

مع النجوم في تطورها

تأليف

سييليا بين جابوشكين

جامعة هارفارد

مراجعة

ترجمة

الأستاذ الدكتور أحمد حماد

رئيس قسم الرياضة التطبيقية
كلية العلوم — جامعة القاهرة

الدكتور صلاح الدين حامد

قسم الفلك — كلية العلوم
جامعة القاهرة

الناشر مركز كتب الشرق الأوسط

٤٥ شارع قصر النيل

دار الطباعة الحديثة

هذه ترجمة لكتاب

Stars in the making

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة المترجم

ما هو أصل الكون ؟؟ كيف نشأت النجوم ؟ ما هو عمر نجم
كشمسنا ؟

وما هو عمر ذرات العناصر التي يتكون منها الكون ؟ ماذا سيكون
من أمر هذه النجوم التي تزين السماء بعد بلايين السنين ؟

هذه الأسئلة قد تبدوا لأول وهلة الغازاً مستعصية لا يستطيع الإجابة عنها
أو مجرد التفكير فيها !!

وحال من يطلب إليه الإجابة على تلك الأسئلة لا يختلف كثيراً عن حال
من يطلب منه أن يخبرنا عن تطور الأحياء وأصلها وما ينتظر لها في المستقبل
القريب والبعيد ... ، وكان كل ما في متناول يده صورة أخذت على حين غرة
لعدد من الأحياء في مكان ما !! ... إذ أن الفلكي لا يملك غير صورة السماء
بما فيها من أجسام مختلفة !! ... وهذه الصورة وإن كان قد لاحظها منذ آلاف
السنين وأبتدأ دراستها بشيء من الدقة منذ عشرات السنين إلا أنها تبدو وكأنها
ساكنة ولا تغير فيها يذكر

ولكن الفلكيين قوم ذوو جرأة غريبة ولهم من رحابة الأفق ما يتناسب
مع رحابة الكون الذي يدرسونه وهم أهل تساع ومرونة ! ... وهم في ذلك
مضطرون ، إذ أن موضوع تطور الكون ونشأته ونهايته من الموضوعات
الصعبة العويصة والمعلومات التي يبنون عليها آراءهم ليست من النضج الكافي
حتى يكون هناك القول الفصل ...

إن الفلكية لم تنضج بعد ولكنها شديدة الإغراء وتبدو أنها حلوة المذاق حتى أنها دفعت كثيراً من الفلكيين إلى تذوقها ومحاولة هضمها والحق يقال أن بعضهم قد أصيب بعسر الهضم ١١٠٠٠

وهذا الكتاب هو محاولة من تلك المحاولات وأظن أنها محاولة ناجحة كتبه إحدى دعائم الفلك في العصر الحاضر المسز سيسيلياين جابوشكين ، التي تخرجت في جامعات بريطانيا سنة ١٩٢٢ ثم نزلت إلى أمريكا حيث حصلت على درجة الدكتوراه من جامعة هارفارد سنة ١٩٢٥ ومنذ ذلك الوقت وهي تواصل أبحاثها في العلوم الفلكية المختلفة وقد قضت معظم وقتها في جامعة هارفارد وتعتبر من ضمن الثقافات العالميين ومرجعاً هاماً في موضوع النجوم المتغيرة والنجوم الخاصة وأجواء النجوم ... وهي متزوجة من فلكي من أصل روسي يدعى سيرجي جابوشكين ، الذي يعتبر حجة في النجوم الكسوفية وهي النجوم التي تمدنا بمعلومات مباشرة عن حجم النجوم ووزنها ودرجات حرارتها وكذلك عن تكوينها الداخلي .. وأظن أن من أهم أعمال الزوجين هو ذلك المشروع العظيم الذي قاما به منذ سنين مضت وهو قياس أضواء النجوم في جهات متعددة في السماء ، وتعتبر هذه القياسات مرجعاً هاماً يرجع إليه مختلف الفلكيين في جميع أنحاء العالم حينما يريدون تقدير ضوء نجم ما .

والمؤلفة ماينيف على خمسمائة بحث علمي وحصلت على درجات نظرية من جامعات متعددة في الولايات المتحدة وأوروبا وقامت بتأليف كتب عديدة في الفلك تعتبر للمتخصصين من ضمن المراجع الهامة التي لا يمكن الاستغناء عنها .

وسلاحظ القارئ أن المؤلفة قد نهجت في تناولها لهذه الموضوعات المعويصة أسلوباً سهلاً لا يستعصى فهمه على القارئ . يلاحظ ، كما أن المتخصصين في علم الفلك سيجدون في هذا الكتاب منهلاً لأفكارها الجريئة ونقداً لأفكار

أخرى وعرضاً شائقاً ممتازاً لموضوعات لم تعالج من قبل بمثل هذه البراعة والدقة والوضوح وأخص بالذكر منها موضوع تبيان خصائص الجهرتين الأولى والثانية في النجوم وكذلك موضوع أعمار الأشياء والتطور الموقوف للنجرات .

وأود بهذه المناسبة أن أشكر أستاذي الدكتور أحمد حماد على المجهود الكبير الذي بذله في مراجعة هذا الكتاب وعلى مراجعته النهائية لأصل الترجمة وعلى توجيهاته العديدة أثناء الترجمة .

مصطفى ماهر

مقدمة المراجع

شرعت وزارة التربية والتعليم في ترجمة أمهات الكتب في العلم والأدب إلى اللغة العربية في مشروع أسمتة (مشروع الألف كتاب) تبغنى بذلك تزويد المجتمع العربي بروائع الفكر وشتى أنواع الثقافات ، وهذا الهدف في حد ذاته كاف لبقاء هذا المشروع العظيم .

على أن هناك هدفا آخر لهذا المشروع لا يقل عن ذلك أهمية ، وهو جعل اللغة العربية أداة تعبير علمي ، وليست فقط لغة شعر ونثر. فقد ساد الاعتقاد منذ مدة بأن اللغة العربية عاجزة عن أداء تلك الوظيفة التي تضمن لها البقاء وكان لهذا الاعتقاد آثار بعيدة المدى فظلت الدراسة في الجامعات والمعاهد حتى عهد قريب تجري باللغات الأجنبية . وبذلك استمر اعتمادنا على الأجانب في دراستنا العلمية ولم تزود المكتبة العربية بمراجع علمية مما جعل لنا صفة التابع ، حتى فيما يختص بمشاريعنا الفنية الحيوية اللازمة لتقدمنا .

ولم تبذل حتى عهد قريب محاولة جدية لإصلاح هذا الحال بالرغم من أن قانون الجامعات ينص صراحة على أن تكون العربية لغة الدراسة فيها ، على أننا يجب أن نشير إلى محاولات فردية قام بها بعض رجال النهضة العلمية لتدعيم المكتبة العربية كان لها أثر طيب ، نذكر منهم المغفور له الدكتور على مصطفى مشرفة وكيل جامعة القاهرة الأسبق وأستاذ الرياضة التطبيقية بها ، والدكتور احمد زكى مدير جامعة القاهرة الأسبق وأستاذ الكيمياء بها ، والأستاذ مصطفى نظيف مدير جامعة عين شمس السابق ، وأستاذ الطيبيات المعروف . فقد تنبهوا إلى خطورة الحال فوضعوا أسس التدريس باللغة العربية في الأقسام العلمية التي أشرفوا عليها . وقد آتت مجهوداتهم ثمارها

فأخذت الدراسة باللغة العربية ترحف إلى باقي أقسام الكليات العلمية ، كما وضعت الأسس لتعريب المصطلحات العلمية .

وقد توجت هذه الجهود بذلك المشروع الهام الذى سبقت الإشارة إليه ، وهو مشروع الآلاف كتاب وأخذت ثمار هذا المشروع فى الظهور وأخذت اللغة العربية فى أداء وظيفتها وأصبحت حقاً لغة تعبير علمى .

والكتاب الحالى واحد من كتب هذا المشروع وهو يعالج مسألة المسائل بالنسبة للإنسان ، وهى المسألة الخاصة بمنشأ الكون وأصله ، والتغيرات التى حدثت فيه وما ينتظر أن يقع فيه من تطورات .

والواقع أننا لن نعدو الحقيقة إذا ذكرنا أنه ما من عالم اشتغل فى علم الفلك إلا وكان هذا الموضوع من الأهداف التى يسعى جاهدا للوصول إليها . ومن الجلى أن هذا الموضوع من المواضيع الصعبة العويصة التى تحتاج إلى كثير من الجراءة العلمية والتأمل الدقيق والتعاون الوثيق بين مختلف فروع العلم وصنوفه . خذ مثلاً موضوع أصل المجموعة الشمسية ، قد تأخذك الدهشة إذا ذكرت لك أن هذا الموضوع أصعب بكثير من موضوع أصل النجوم والمجرات . وأنه لم يتوصل إلى الحل المقنع رغم المحاولات المستمرة للعلماء التى استغرقت ما ينيف على قرن من الزمان ، وأن الأمر استدعى تعاون علماء الفلك والطبيعة والرياضة والكيمياء والجيولوجيا والحياة وأخيراً إن لم يكن أولاً علماء الفلسفة .

إنه موضوع مليء بالتكهنات تختلف فيه الآراء من وقت لآخر بشكل يدعو إلى الدهشة وقد يبدو ذلك غريباً على الرجل العادى ولكنه ليس غريب على المشتغلين بالعلم وخاصة الفلكيين منهم . ولكن لا أود بذلك أن أبعث

الشك في نفس القارىء في الفلك والفلكيين بل أدعه إلى الثقة في طريق بحثهم . ولكي يزداد القارىء اطمئنانا يكنى أن أذكر له أن علماء الفلك في كثير من الأحيان يتوصلون إلى معرفة وزن نجم ما يبعد عنا بيلايين البلايين من الأميال ويتكهنون بتكوينه ودرجة حرارة سطحه بدقة أكثر من الدقة التي يقدر بها علماء الطبيعة وزن أو حجم الذرة التي تقع تحت أبصارهم في المعمل .

والموضوع كما ذكرت صعب ، وقد عالجته في هذا الكتاب واحدة من أساطين علم الفلك في العالم هي السيدة « بين جابوشكين » . ويعتبر هذا الكتاب خلاصة تجاربها التي تنيف عن ثلاثين عاما قضتها في أكبر معاهد الفلك . وقد بذلت المؤلفات مجهودا كبيرا في إعطائنا فكرة عما يدور في هذا الكون العجيب وأعطينا صورة مبسطة غاية التبسيط دون أن يفقد الموضوع طابعه العلمي . وقد قسمت الكتاب إلى ثلاثة أجزاء في الجزء الأول منه تقدم المؤلفات إلينا أفراد العائلة الكونية في نجوم وأزواج النجوم ومتعددات النجوم ومجموعات النجوم والمجرات والغبار والضباب الذي بين النجوم (وهو لا يقل أهمية عن النجوم حتى أنه يكون نصف المجرة التي تنتمي إليها كما أنه يلعب دورا هاما في تكون النجوم وتطورها إذ أنه المادة التي منها تتكون النجوم) .

أما الجزء الثاني فيصف لنا العلاقات بين هذه الأفراد وما يربط بعضها ببعض من روابط وصفات ووضعها ومكانها من المسرح الذي تظهر عليه .

أما الجزء الثالث فهو نهاية المطاف حيث تحاول المؤلفات أن تنسج من دراستها مختلف الأفراد قصة عن أصلهم وعما حدث في حياتهم من تغير وما سيطر عليهم من تطور .

وقد قام بنقله إلى العربية شاب من أقرب شبابتنا لعلم الفلك وأصقهم

صلة به . وقد تم ذلك في أسلوب رائع وعجالة سلسلة ممتعة مع أمانة في
النقل فلم يجد في ترجمته عن المعنى الذي أرادته المؤلفة .

وإني لأرجو أن يجد قارئ اللغة العربية متعة في قراءة هذا الكتاب
وأن نكون قد نجحنا في إثارة اهتمامه بهذا الموضوع .

والله ولي التوفيق

أحمد حماد

تطور الكون

ما من إنسان يجرو على التصدى للحديث عن تطور النجوم إلا أن يكون
شخصاً قد فطر طبعه على التفاؤل وأشربت نفسه روح الفكاهة ...

التفاؤل عند أصحاب الفلك داء عياء ... قد تشبثت في نفوسهم ، حتى لا يرجى
لهم منه شفاء ...

ألا تراه وقد أشرأبوا بأعناقهم وتطلعوا ببصارهم إلى ما وراء المحيط الجوى
اللجى المتلاطم ، يحاولون أن يبلغوا النجوم والمجرات في مواقعها الحريزة
المنبعة ...

ألا تسمعهم إذ يتحدثون عن درجات حرارة تتعالى حتى تبلغ ملايين
الدرجات ، وعن كثافات تنهاوى حتى لتقل عن كثافة أخلي فراغ وأخوي
خلاء ...

أرايت إليهم كيف يدرسون الضوء الذى ترك مصدره منذ مئى مليون
عام ... ؟

أرايت إليهم كيف يلحون الومضة العابرة ، فينسجون لك منها قصة كاملة ،
ويسلسون على هديها تاريخ السماء وأحداثها شاملة ...

ولعل دراسة تطور الكون هى أجراً سيحة من سبجات الخيال البشرى ؛
ذلك أن الكون يبدو ثابتاً مستقراً غير متطور فالأيام تتوالى عدوا
يوماً إثر يوم ، والفصول تتعاقب تعاقباً منظماً رتيباً فصلاً إثر فصل ، ويرنو
الإنسان بين الوقت والوقت إلى ذلك السقف اللانهائى الذى يعلوه وينطيه ،
ويحيط به من جميع نواحيه ... فإذا السماء هى هى وإذا النجوم هى هى ...

ومنذ ألف من السنين خلون ، سجل هباركوس Hipparchius أسماء الكوكبات التي كانت في عهده ، وننظر نحن اليوم إلى السماء ... فإذا كوكبات هباركوس مازالت ترفو إلينا

وكوكبتا الدب الأكبر والجوزاء اللتان نعرفهماهما كوكبتان الدب الأكبر والجوزاء كما عرفهما هوميروس الشاعر اليوناني القديم .

وقد قسم البابليون القدامى منطقة البروج - ونعني بها مسار الشمس بين النجوم - إلى مراحل كانت الأسماء التي أطلقوها عليها هي الأصل الذي اشتقنا منه الأسماء التي نستعملها اليوم ...

وإذا تصفحنا سجلات التاريخ ، منذ بدأ التاريخ يسجل تطور الحضارات وانحلالها ، لم نجد فيها أى دليل - أو مجرد إشارة - يوحى بحدوث أدنى تغير في طبيعة النجوم .

ولكن الواقع أن النجوم تتغير ، كاسنتين في خلال فصول هذا الكتاب إن شاء الله .

إن مسرحية الكون تمثل على مسرح يترامى إلى ما وراء حدود أبصارنا وتجرى أحداثها في بطن شديد حتى أن تاريخ البشرية كلها - على ما يبدو لنا من طولها - ليعد برهة قصيرة في مقاييس الزمان الكوني لانكفى لاستحداث أى تغير ملحوظ في أحداث المسرحية ...

ولكن أحداث المسرحية قد تركت أمامنا آثارا تنبئ عنها وعلامات تتم عليها وشأننا - نحن أصحاب الفلك - لا يختلف كثيرا عن شأن شخص يقف خارج دار من دور السينما ، تعرض أمامه مشاهد متناثرة (لقطات) ، فإذا هو يحاول أن يربط بينها وينشئ منها في ذهنه قصة «الفيلم» كاملة

والمرقب يمدنا بمجموعة من أمثال هذه اللقطات الساكنة المحيرة ، وفيها يظهر أبطال «مسرحية الكون» ، وقد تجمعوا في عدة أوضاع ومواقف مختلفة . وكل دور - لقطة من هذه اللقطات - تعرض لنا دورا يشترك في أدائه مجموعة من

الممثلين ، فهم شخصيات تظهر في أوضاع ثائرة متأزمة ومنهم شخصيات أخرى تضع الهدوء والطمأنينة . وتمر أمامنا شخصيات توثقت بينها الصلات، وتجمعات تنسج لنا مشاهد اللحظات الحاسمة في القصة وتلاصق أمامنا مناظر رائعة تتجمع فيها الجماهير، تجمعا يكشف لنا على اتجاهات المجتمعات السبائية

ومهمة علم الفلك هو أن يحلل القوى التي اشتركت في استحداث كل موقف ، وأن ينسج هذه المواقف المتأثرة نسجا جديدا ، ويؤلف منها مسرحية كاملة متماسكة متلاحمة.

وليس في وسعي إلا أن أعرض لك القصة كما أراها وربما أخطأت في تفسير بعض الصور وربما أفلتت من بعض المواقف الحاسمة في المسرحية ولكن — على الرغم من ضخامة المسرح الذي تجرى عليه الرواية ، وعلى الرغم من بطل أحداثها — يخيل إلى أنني قد استطعت أن أعثر على الخيط الرئيسي في القصة

وفي الفصلين الأول والثاني سنقدم اليك الممثلين ان كثيرا من النجوم العظيمة مألوفة لك ، ولكن النجوم ذات الادوار الثانوية لا تنقل عنها أهمية أو خطرا وهناك ، إلى هذا ، جبهة من الشخصيات هي من التفاهة بحيث لا نستطيع أن نميزهم أو نعرفهم إلا بصفتهم أفرادا من الجمهور ، ولكنهم — برغم هذا — سادة الموقف .

وبلى ذلك ثلاثة فصول ، مهمتها تحليل اللقطات الساكنة . سنبدأ بعرض المواقف التي تتجلى فيها الروابط المحكمة بين الممثلين ، ثم ننتهي بعرض مشاهد الدهاء والجماهير ، ثم ننتهي بعرض المنظر العام الكامل الذي يتجلى فيه المسرح كله باديا للعيان ، فيتيسر لنا في لحظة واحدة أن نشهد جميع الشخصيات التي تلعب دورها على المسرح .

وفي ثلاثة الفصول الأخيرة ، نصوغ لك من هذه المواقف قصة متناسقة

متكاملة بحكمة النسيج . وسيكون الفصل الأول منها أشبه بالتمهيد للسرحة ، وفيه تثار الأضواء في جنبات المسرح لتصوير الموقف التمثيلي .

وأخيرا نشرع في تحليل الممثلين ، كبيرهم وصغيرهم ، وكيف تطورت شخصياتهم والأدوار التي اشتركوا في تمثيلها ، وأخيرا مصيرهم النهائي .

إن محاولة رواية قصة الكون تبدو تهورا منقطع النظير إنها محاولة لا تقتصر على تحليل مواقف بعينها ، ولكنها تزعم أن في وسعها صياغة قوانين عامة شاملة . وكل عدتها بضع «لقطات» ساكنة لبضعة مشاهد قليلة قليلة إلى حد يستثير الأسف ، هذا إلى أنها لم تسجل تسجيلا دقيقا .

وقد عبر أحد الشعراء عن هذا بقوله : إن علم الفلك قد تناهى في الجرأة إلى حد أنه :

يلبح العالم في أتفه ذرة . . ويرى الأفلاك في أطواء زهرة
يلسع اللامتى في قبضة . . يعبر الآباد في ومضة نظرة

الجزء الأول

المشـلون

الفصل الأول

النجوم

في وسع العين المجردة أن ترى خمسة آلاف نجمة
فاذا استعملنا عدسة قطرها أربع بوصات ، لانكشف لنا من النجوم
ما يتوف على المليونين

فاذا لجأنا إلى مرآة قطرها ٢٠٠ بوصة لانكشف لنا من النجوم
ما يفوق البليون

وكما توغلنا في محيط النجوم قلت بريقاً وازدادت عددا .

ويروى أن ادورد بكننج Edward C. Pickering — أحد علماء
الفلك في جامعة هارفارد — كان يشرح معادلة يمكن بها إيجاد عدد النجوم
التي يزيد تألقها عن قدر معين ^(١) . وبمقتضى هذه المعادلة ، كان عدد النجوم
التي يزيد تألقها عن القدر الظاهري — ١ هو نجمين اثنين . فاعترض أحد
شهود المحاضرة ، قائلاً ، انه لا يوجد إلا نجم واحد يتوافر فيه هذا الشرط : هو
نجم الشعرى اليمانية

فأجاب بكننج قائلاً :

— وي كأنك نسبت الشمس

(١) « القدر » هو المقياس الذي يعين به الفلكيون تألق النجوم — وهو
مقياس لو غاريتي — وكما قل القدر زاد التألق . والفرق في قدر واحد يمثل نسبة
تألق تبلغ $\frac{1}{2.5}$.

وربما كان نسيانه الشمس راجعا إلى شدة إلفه لها وتعوده عليها .
وقد قيل : إن الألفة تورث الاحتقار . فما أيسر ما نقى أن الشمس هي
أدنى النجوم إلينا ، وأطوعها للفحص والدرس ، وأنها النجم الوحيد الذى
لا يغفل من رقابتنا الدائمة المتصلة .

ويمكن اعتبار الشمس نموذجا تتمثل فيه خصائص النجوم العادية .
وقد درس العلماء ربع مليون نجم فى شئ من التفصيل ، فوجد أن ١٠ ٪
منها تشبه الشمس . وكل ما بين الشمس وبين هذه النجوم من فروق ، هو
أن الأخيرة على بعد سحيق منا ؛ بينما الشمس دانية إلينا فى وسعنا
أن نقول ان فرداً من «جمهور» هذا الكون السهاوى — يجمع من الخصائص
ما يجعله نموذجا لغيره من أفراد الشعب — قد اختار أن يسكن بالقرب منا ،
فيعطينا فرصة رائعة لدراسة تركيب سائر النجوم وتحليل سلوكها .

ضوء الشمس

الشمس كرة هائلة من الغاز المتوهج ، وكذلك شأن كل نجم يتألق .
ولما كانت النجوم على بعد سحيق منا ، فليس بينها — باستثناء الشمس —
ما يمكن أن يبدو لنا على شكل قرص ولو استعملنا فى رصدها أقوى
المراقب (١) .

وبالرغم من أن قطر الشمس قدر قطر كوكبنا — الأرض — مائة مرة

(١) تتميز السيارات التى تتحرك حول الشمس عن النجوم فى أنها تبدو كأقراص
عند رصدها بالمراقب ، ولكن تألقها ليس صادراً عن نور ذاتى بل عن انعكاس
ضوء الشمس عليها . وعلى العكس من ذلك فإن جميع النجوم التى نرقبها مضئبة بذاتها ،
وتبلغ من السخونة حدا تتوهج منه سطوحها .

وحجمها قدر حجمها مائون مرة ، وكتلتها قدر كتلتها ثلثمائة ألف مرة — بالرغم من هذا كله — تعتبر الشمس نجما صغير الحجم ضئيل الوزن إذا قيست بسائر النجوم .

وإن ضوء سطحها المتوهج الذى يخطف الأبصار ، والذى لا تقوى عيوننا على مواجهته بالرغم من أنه يبعد عنا ٩٣ مليوناً من الأميال وهو ضوء يفوق فى شدة وهجه أقوى ضوء صناعى عدة أضعاف . . . هذا الضوء الشديد يبدو خائياً خافتاً إذا ما قورن بضوء أحد النجوم الشديدة الاستعار .

ولكن الشمس — على تواضع شأنها إذا ما قورنت ببعض النجوم الأخرى — تمارس من ضروب النشاط ما تمارسه سائر النجوم ، وإن تصفحنا لوجهها عن قرب يكشف لنا من ألوان التعبير ما لا يقدر لنا أن نراه لو أنها كانت منا على بعد سحيق ، ومن شأن دراستنا المستفيضة لها أن تكشف لنا عن سلوك سائر أفراد هذا الشعب الذى يتكون منه هذا الكون السماوى .

ولقد ران فى أذهان الناس أن ضوء الشمس خاضع لنظام ثابت رتيب لا ينفى عنه حولا ، واطمأنوا إلى هذا الشعور واعتمدوا عليه فى حياتهم اليومية حتى لكأنه أمر مفروغ منه . .

وتصورهم هذا لا يعوزه الأساس العلمى فإن الدراسات الدقيقة التى أجريت فى خلال نصف القرن الأخير لم تكشف إلا عن تغيرات متناهية فى الضآلة ، بل إن الغالب على الظن أن هذه الاختلافات ناشئة عن تغيرات فى شفافية جونا الأرضى .

وتتوقف درجة حرارة الأرض — توفقاً يوشك أن يكون تاماً — على كمية الحرارة التى تتلقاها من الشمس . فإذا راعينا أن الحياة قد استمرت (٢م - النجوم)

متصلة على سطح الأرض دون توقف مئات الملايين من السنين لتجلب لنا هذه الحقيقة الخطيرة ، وهي أن الشمس لا بد أنها كانت دائبة على إرسال ضوءها طيلة هذه الحقبة الزمنية على الأقل . .

وتستقبل الأرض الطاقة الشمسية بمعدل ٤٦٩٠.٠٠٠ حصان ميكانيكي لكل ميل مربع ، وقد دأبت على ذلك مئات الملايين من الأعوام ، ومع ذلك فالعجيب أن هذا المقدار من الطاقة الذي يتلقاه كوكبنا الضئيل — على ما يبدو من ضخامته — لا يبدو أن يكون جزءاً من أثنى مليون جزء من الطاقة التي تشعها الشمس فعلاً . . . إنها لا وقام تتحدى طاقة الخيال مهما جمع في تصويره .

بل إن أمر هذه الطاقة الشمسية يبدو في صورة أبعث على العجب والذهول لو أننا حاولنا أن نعبّر عنها بالطريقة التي توصل إليها علماء الطبيعة المحدثون . فإن علم الطبيعة الحديث لم يكشف عن إمكان تحول صور الطاقة المختلفة بعضها إلى بعض وحسب ، ولكنه أثبت أيضاً أن الطاقة والمادة متكافئتان بمقتضى قانون أينشتاين الشهير الذي ينص على أن :

$$ط = ك س^٢$$

[ط هي الطاقة مقطرة بالدرجات ، ك هي الكتلة بالجرامات ، س هي سرعة الضوء وتساوى ٣×١٠^{١٠} من السنتيمترات (أو حوالى ١٨٦٠٠٠ من الأميال) في الثانية ^(١)] .

(١) الجرام هو الوحدة العلية للكتلة ، ويساوى كتلة السنتيمتر المكعب من الماء في الظروف العادية . ويلاحظ أن ١٠٠٠ جرام = ٢٢٢٠٥ من الأرطال الإنجليزية ، والأرجح هو كمية الطاقة اللازمة لرفع ١/٩٨٠ جم من المادة عن سطح الأرض سنتيمتراً واحداً . وهي وحدة ضئيلة جداً . فإن أربعين مليوناً من الإرجات تساوى حوالى سر واحد ، والسعر هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ١ جم من الماء في الظروف العادية درجة واحدة .

ألمس السطح لانتشوبه انثناءات ولا تجمعات ... ولكن الواقع أنه أقرب ما يكون إلى محيط متلاطم الأمواج، جياش الأعاصير، له شهب وزفير تتعاوره زوايح هوجاء تتحرك حركة الدوامات. تندفع من أسفل إلى أعلى (ويتسبب عنها ما يعرف بالكلف الشمسي) هذا إلى السنة من الغاز (لها شكل الشوك) تبرز وتثور ثم تهدأ، وسحب من بخار متوهج (تبدو كنتوات) تطفو وتدور، وتندفع هائجة فوق السطح، وشعلات ذات إشعاع قوى الوهج تظهر على سطح الشمس فجأة (وتعرف بالخوافق) .

كل هذه الأشياء يمكن ملاحظتها على سطح الشمس ملاحظة مباشرة، أما وجود هذه الأشياء على أسطح سائر النجوم فيمكن دركه بالحدس والتخمين أو ملاحظته بطرق غير مباشرة.

على أننا على ثقة تامة بأن هذه الظواهر يغلب أن تكون في سائر النجوم أعنف منها في الشمس. ويتوهج سطح الشمس كله — بما عليه من الخوافق والتجيبات، بل البقع الشمسية نفسها — توهجا فائق الشدة.

وينتظم ضوء الشمس سلسلة الألوان كلها (١)، والتي تبدأ من الأشعة السينية (أشعة أكس)، مارة بألوان الطيف المرئية، ومنتية بالأمواج اللاسلكية.

وقد لا يكون من باب المصادقة أن المناطق الأشد توهجا في الشمس هي المناطق التي تستطيع عيوننا رؤيتها. وقد لاحظ العلماء أن توهج ضوء الشمس يكون على أشده في المنطقة

(١) ليس الضوء إلا جزءاً صغيراً من طيف الإشعاعات الكهرومغناطية. فأشعة س، والأشعة فوق البنفسجية، والضوء العادي، والأشعة تحت الحمراء، والأمواج الفائقة القصيرة micro waves وأمواج الراديو — كلها ذات طبيعة واحدة، ولا تختلف بعضها من بعض إلا في طول الموجة.

ما بين الأصفر والأخضر ، واستطاعوا — على هدى هذا — أن يعينوا درجة حرارة سطحها المشع . والتجارب اليومية تثبت أنه كلما ازداد توهج سطح ما ، كان ضوؤه أقرب إلى الزرقة . وقد صيغت هذه الحقيقة في قالب رياضي كمي ، عبر عنه بقانون فين Wien . وبتطبيق هذا القانون ، أمكن تقدير درجة حرارة السطح المشع من الشمس ، فوجد أنها تبلغ ٦٠٠٠ مئوية^(١) . وهو تقدير صحيح مهما كانت المادة التي تتركب منها الشمس .

تركيب الشمس

ليس لمعان الشمس موزعا على كل الألوان بدرجة واحدة . فإذا مررنا شعاع الشمس خلال منشور ، فإن الضوء يتفقد منه مكونا ما يشبه قوس قزح صناعيا ، وهو المعروف باسم « الطيف » وترى بعض ألوانه مطموسة إلى حد كبير . ويشاهد قوس القزح هذا منقسم إلى صفوف من مناطق الضوء بينة الحدود ، يفصل بعضها من بعض خطوط أقل وميضاً منها تسمى خطوط Fraunhofer Lines فلا بد أن شينا ما قد سلب ضوء الشمس هذه الألوان ود اللصوص ، المستولون عن ارتكاب هذه الجريمة هم بلا شك هذه الذرات التي اتخذت مكانها فوق سطح الشمس .

ولكل ذرة مجموعتها الخاصة بها من الأضواء ... فقدرتها على امتصاص الأضواء أو إطلاقها قاصرة على الألوان الداخلة في نطاق هذه المجموعة ... وهي إذ تمتص الضوء أو تطلقه إنما تمتص الطاقة أو تطلقها .

وإن دراستنا لتوزيع الأضواء في الشمس ، وخبرتنا بسلوك الذرات في الأرض مكنتنا من أن نحلل سطح الشمس تحليلا كيميائيا ، وأن نبليغ في

(١) أي ١١,٠٠٠ درجة فهرنهايت .

هذا التحليل من الدقة مالم نكن بالغيه لو أنه أتيح لنا الحصول على شريحة من الشمس وقمنا بتحليلها في المعمل ^(١) .

وقد اثبتت التحاليل التي أجريت على الشمس أنها مركبة من نفس العناصر الكيماوية المألوفة لنا على الأرض .

وبمقارنة الأضواء المميزة ، استطعنا أول الأمر أن نتوصل إلى تحليل الشمس تحليلًا وصفيًا ، وأنضح أننا أن جميع الذرات المعروفة التي لها خطوط طيفية في المنطقة التي يمكن دراستها من الشمس ^(٢) ممثلة في طيفها .

ويوجد بالشمس بعض المركبات الكيماوية البسيطة مثل السيانوجين ، ولكن الشمس مكون من ذرات منعزلة . وبعبارة أخرى يتضح لنا من طيف الشمس أن طبقاتها الخارجية في حالة غازية .

وقد أثبتت البحوث الدقيقة أن مجموعة الألوان التي تتميز بها ذرة من الذرات تختلف باختلاف درجات الحرارة . وهذا يمكننا من تقدير درجة حرارة الطبقات السفلى من جو الشمس — تلك الطبقات التي ينسب منها خطوط فرنهوفر .

ولقد وجد أن درجة الحرارة هذه تتفق تمامًا مع درجة حرارة الشمس التي استنبطناها من دراسة لون ضوئها .

(١) وهذا راجع إلى شدة تخمق طبقة الذرات على سطح الشمس ، وبالتالي إلى كثرة عدد الذرات المتاحة للتحليل ، إن في وسعنا أن نرى في طيف الشمس عدداً كبيراً من خطوط الطيف التي لا عهد لنا بها على الأرض . والتي لا نملك إلا أن نفترض وجودها على الأرض اقتراناً .

(٢) تحجب بعض الجزئيات الموجودة في جو الأرض — وعلى الأخص جزئيات الاوزون والأكسجين وبخار الماء — بعض أجزاء طيف الشمس حجاً يوشك أن يكون تاماً .

لقد بلغت معلوماتنا عن طبيعة الطيف إلى حد أن أصبح في وسعنا ، لأن تميز الذرات التي على سطح الشمس فحسب ، ولكن أن نحصيها عدا
' وقد تبين لنا أن الشمس - في معظمها - مكونة من ذرات الهيدروجين ، وهي أخف أنواع الذرات وأبسطها ، حتى أن ما تحتويه الشمس منها يفوق ما تحتويه من ذرات المواد الأخرى مجتمعة . وبلى ذلك ذرات الهليوم وترتيبها في خفة الذرات يأتي بعد الهيدروجين ثم تتوالى بعد ذلك ذرات المواد الأخرى في أعداد تقل كلما زادت الذرات ثقلا وتعقيدا ، وذلك فيما خلا بعض الاستثناءات الهامة .

وليست الشمس بدعا عن غيرها في تركيبها الكيماوى ، فجيع الكائنات السماوية تشاركها هذا النظام . ولا نغنى بالكائنات السماوية النجوم وحدها بل نقصد بها كذلك الغازات السابحة والمواد التراية التي تغشى الفراغ بين النجوم .

ولكن التركيب الذرى للنجوم ليس واحدا - وقد تكون هذه الفروق غاية في التفاهة ولكن لها رغم ذلك دلالات في غاية الأهمية - على أن ما يثير الدهشة حقا هو التماثل العجيب في التركيب الذى ينتظم جميع أفراد هذا العالم السماوى ، حتى أنه لا يصعب علينا أن نجد جرما سماويا واحدا نستطيع أن نزعم بشئ من الثقة أن العنصر الرئيسى الذى يدخل في تركيبه هو شئ آخر غير الهيدروجين .

عود إلى دراسة سطح الشمس

سبق أن ذكرنا أن لكل ذرة مجموعتها الخاصة من الألوان . فلو صورنا الشمس في لون واحد ، لخرجت لنا صورة تسجل لنا الذرات المتشابهة على حدة . ومن حسن حظنا أن الشمس تبلغ من السطوع حدا نستطيع معه إن شئنا أن نصور أى منطقة محددة من مناطق الألوان تبلغ مهما بلغت من الصغر ، إما بالجهاز المعروف باسم جهاز الطيف الشمسى المصور وإما بتلك

التركيبات الرائعة من مرشحات الضوء ، فلا تكشف الصور المأخوذة للشمس في لون ذرات الكالسيوم أو الأيدروجين عن المزيد من التفاصيل بحسب بل إنها تبين لنا تفاصيل أخرى جديدة .

فإذا أخذت للشمس صورة مباشرة ، في ضوء جميع الألوان ، فإن الصورة لا تظهر إلا بقعا شمسية معتمة وتحيات مطموسة مبهمه .

أما الصورة المأخوذة لها في ضوء الكالسيوم ، فإنها تكشف عن أهداب لامعة بجوار البقع الشمسية السوداء ، التي تزيد كثيرا من لمعان هذه الأهداب .

بل إن الإعجب من ذلك ، أن في وسع أهداب الكالسيوم اللامعة أن تنبأ بمكان البقعة الشمسية قبل أن يتم تكوينها وقبل أن تتخذ طريقها مدومة إلى سطح الشمس . إذ أنها تظهر قبل ظهور هذه البقع وتستمر في ظهورها بعد اضمحلال تلك البقع الشمسية واختفائها مينة لنا مكانها .

وأما الصورة المأخوذة في ضوء الأيدروجين فأصعب منلا ، ذلك أن الأيدروجين لا يلمت من ضوء الشمس ما يلمته الكالسيوم ومن ثمت تكون صورة الشمس الأيدروجينية أخفت ضوءا . قد يبدو هذا عجيبا ، لأن سطح الشمس يحتوي على كمية من الأيدروجين أكبر مما يحتويه من الكالسيوم . ولكن مرد هذا إلى اختلاف نزوات ذرة الكالسيوم عن الأيدروجين . فعظم ذرات الكالسيوم تكون في أصلح حالاتها لإشعاع الضوء في درجة الحرارة التي عليها سطح الشمس ، في حين أن ذرة الأيدروجين تكون في حالة عناد ، فقدرتها على إشعاع الضوء في درجة حرارة سطح الشمس (٦٠٠٠م) لا تزيد على جزء من مليون جزء من قدرة الكالسيوم .

وبالرغم من أن عدد ذرات الأيدروجين يفوق عدد ذرات الكالسيوم عشرة آلاف مرة ، فإن قوة الخطوط التي تحدنها في طيف الشمس أقل من تلك التي تحدنها ذرات الكالسيوم مائة مرة .

فالصور الفوتوغرافية المأخوذة في ضوء الأليدروجين تكشف لنا عن مناطق القلائل بالقرب من البقع الشمسية، ولكنها تبدو أقل لمعاناً وذلك راجع إلى ضعف استجابة الذرات .

وتكشف الصور الفوتوغرافية، سواء ما التقط منها بالأليدروجين أو بالكالسيوم، عن خيوط داكنة، تبدو كالظل الملقى على سطح الشمس الساطع . وليست هذه الخيوط معتمة ولكنها تبدو كذلك بالمقارنة بسطح الشمس فإذا تأتى لاحد هذه الخيوط أن يمتد خارج حافة الشمس فإنه يبدو ككتوة متوهج . والتوه هو سحابة كبيرة من الغاز معلقة أعلى سطح الشمس .

وبعض التتواتر يبلغ من اللدعان حدا تبدو معه كمروق ساطعة، يكشف وهجها نور الشمس نفسه . وليس للتتواتر وضع ثابت — لا من حيث صورتها ولا من حيث طريقة حركتها ، إذا أنها تتخذ لنفسها عددا لا حصر له من الأشكال والتحركات . فبعضها يتعلق أعلى سطح الشمس، وبعضها ينبثق عاليا ويتدفق كأنه خيط من الماء، مكونا ما يشبه القوارة ، ثم يبدو وكأنه انقشع وتبدد في الفضاء، وبعضها يتدفع صعودا ثم يهبط نزلا كأنما هو نافورة . ولكن العجيب أن معظمها يتقاطر كأنه المطر هابطا لا صاعدا، وبعضها يبدو وكأن سطح الشمس قد مصه مصا وابتلعه ابتلاعا . ولا زلنا أبعد ما نكون عن فهم حركات التتواتر . فبعضها يرتبط وجوده بالبقع الشمسية، وبعضها لا علاقة له بها . وربما كان للتلواتر الكهربية أهميتها . وربما كانت التأثيرات المغنيطية تلعب دورها الخطير . وأيا كانت العوامل الرئيسية التي تلعب دورها في تكوين هذه الأشكال المتعددة من التتواتر الشمسية، فإن لها أهميتها أيضا في بعض النجوم التي تمت إلى فواصل غير الفصيلة التي تنتمي إليها شمسنا .

وسرى فيما بعد ، إن شاء الله ، أن نشاط التتواتر خاصية من الخصائص التي تميز كثير من النجوم ، وإذا ما قورن الدور الجبار الذي تلعبه التتواتر في

هذه النجوم ، لبدت تنوءات الشمس حيا لها قوما مسيخا .

ولا ندرى على وجه التحقيق ما إذا كانت حركات التنوءات راجعة إلى التأثيرات المغناطية ، ولكن الذى نستطيع أن نؤكد أنه قد لوحظ فعلا وجود مجالات مغناطية قوية جدا على الشمس . والذى وشى لنا بهذه الحقيقة هو طيف البقع الشمسية الناتج من طيف الذرات المفردة الموجودة فى تلك الزوايا الشمسية .

فإذا وضعت الذرة فى مجال مغناطى ، كان لها طريقتها الخاصة فى الامتصاص والإشعاع ، وحينئذ تنفرع مجموعتها الخاصة من الألوان بصورة معقدة . وكلما قوى المجال المغناطى ، قوى التفرع . ومثل البقع الشمسية كمثل مغناطيس كهربى جبار يبلغ اتساعه عدة آلاف من الأميال .

ولاشك أن الجزيئات المشحونة بالكهرباء ، فى دورانها حول محور العاصفة إنما تمثل التيار فى المغناطيس الكهربى . وبذا يتكون مجال مغناطى قوى على طول محور البقعة . والبقع الشمسية — شأن التنوءات الشمسية — لازالت غير مفهومة فهما كاملا . ولكن المحقق أن لها مجالات مغناطية تقدر بحوالى ألف جاوس^(١) ومثل هذه المجالات تعتبر قوية جدا .

ولكن هناك نجوما عجيبة لها مجالات أكبر ، ووجه العيب فيها أن النجم منها يعتبر كله مغناطيسا ، بخلاف الشمس التى تتركز المغناطيسية فيها فى بقعها الشمسية ولهذا « النجوم المغناطية » خاصية عجيبة ، أن قطبي المغناطيس فى كل منها يتبادلان وضعهما فى فترات منتظمة ، فيصبح القطب الموجب سالبا ، والسالب موجبا . والبقع الشمسية تشارك « النجوم المغناطية » هذه الخاصية :

(١) الجاوس هو وحدة قوة المجال المغناطى . وتبلغ قوة المجال المغناطى للأرض ، وهو المجال الذى يؤثر على البوصلة المغناطية ، مقداراً صغيراً يبلغ كسراً من الجاوس .

وحينما يزدحم وجه الشمس بهذه البقع ، فإن ذلك يكون إيذانا بأحداث
مثيرة تقع بالقرب من كوكبنا الأرض . فإذا الشفق (ضوء الشمال) يلمع
ويتوهج في السماء ، وإذا العواصف المغنيطية تعطل المواصلات وتفسد
الإذاعة اللاسلكية ، وهكذا ترى أن الاضطرابات التي ينشأ عنها الكلف على
وجه أمنا الشمس لها ضدها على بنتها الأرض .

ويتقاطر من مناطق الاضطراب الشمسي دقائق تتساقط في الفضاء بسرعة
فائقة ، وينهم منها مطر من الاكترونات والبروتونات بل ماهو أثقل منها من
الدقائق حتى تصل إلى جونا .

ويعمل هذا المطر المشحون بالكهرباء عمله في ذرات الهواء الجوي وجزياته ،
وينير وهج الشفق ويبعث الأكسجين في أعلى طبقات الجو بأضوائه الحمراء
والخضراء . وتبدل جزئيات الأوزون وسائر المواد الأخر بدلوها في الدلاء
فترسل كل منها أضواءها المميزة لها . وقد تمكن العلامة مينيل Meinel حديثه
من تصوير طيف أمطار الأيدروجين الشمسي .

وتتلقى الأرض رذاذا من دقائق المواد التي لم تبرح الشمس إلا منذ
سويحات معدودات (١) وليست رسائل الشمس من هذه الدقائق قاصرة على
ضوء هذه المناسبات التي يكون فيها وجهها مزدحما بالكلف ، فالواقع الذي له
دلالتة الهامة عند أهل الفلك ، أنها تنشر في الفراغ دقائقها بصورة مستمرة
لا تنقطع .

وهذا الذي تفعله الشمس تفعلة كثير من النجوم كما سنرى فيما بعد إن
شاء الله .

(١) تبرح الدقائق الشمس وتسير في الفضاء بسرعة تراوح بين ٢٥ و ٦٢٥ ميل
في الثانية وتستغرق رحلتها إلى الأرض فترة تراوح من ٢٠٠ إلى ٤٠ ساعة .

ولست التواءات هي الظاهرة الوحيدة التي تبرز فوق حافة الشمس .
فعند اللحظة الحاسمة في الكسوف الكلى ، عندما يغطى قرص القمر جسم
الشمس كله يظهر حولها حافة وضاء لامعة من الضوء الوردى تسمى بالكرة
الملونة ، ويتبين من طيف الكرة الملونة للشمس أنها مكونة من ذرات مشعة ،
هي نفس الذرات التي ظهرت في خطوط فرنهوفر ، في طبقة أقرب إلى سطح
الشمس من الكرة الملونة ، ولكن هناك فرقا بينهما .

فالمعروف عن غاز الهليوم أنه أكثر جوحا من الأيدروجين وأشد عنادا .
فجرد وجوده على سطح الشمس أو على سطح أى جرم سماوى آخر لا يكفي
لرؤيته وتمييزه ، بل لابد من توافر درجة الحرارة المناسبة التي تكفي لإثارةه ،
فإثارة لا تتم إلا في درجات حرارة عالية . أعلى بكثير من تلك التي يتطلبها
الأيدروجين .

فهل هناك أدل على تأثير درجة الحرارة العالية في منطقة الكرة الشمسية
الملونة من أن غاز الهليوم — وهو على ما عرفنا من جوحه وعناده — يمكن
رؤيته بوضوح في هذه المنطقة ، لا على حالته العادية فحسب ، بل في حالة التأين
أيضا ، وقد انفصل عن ذراته إحدى الكروونات — وهذه حالة لا نجد لها إلا
على سطوح الفجح النجوم سعيরা — تلك التي تربو درجة حرارة سطوحها على
٣٠٠٠٠٠ مئوية . . .

وهكذا يتبين لنا أن درجة حرارة طبقة الكرة الشمسية الملونة — التي على
ارتفاع يتراوح بين ٥ آلاف و ١٠ آلاف ميل فوق سطح الشمس — تربو
على ٣ أضعاف درجة حرارة الذرات التي ينتج عنها طيف الامتصاص على
سطح الشمس

وتتكون الطبقة الكرية الشمسية الملونة مما يشبه أن يكون إطارا شعريا
مكونا من شويكات دقيقة ، أو فوارات ، تندفع مصعدة ثم تخنق بعد دقائق
معدودات ، ربما كان لهذه الشويكات علاقة بالحبيبات التي تظهر كبقع الفلفل
على سطح الشمس . ويبدو أن هذه الحبيبات — شأنها الشويكات — قصيرة العمر .

ولبعض النجوم الأخرى ، كما للشمس ، طبقات كرية ملونة ، وبعضها يختلف عن الشمس في أن طبقاته الكرية أكبر بكثير من النجم نفسه ، ويبلغ من شدة تألق هذه الطبقة أن الذرات المتوهجة في طبقاتها تحدث خطوط طيف لامعة بارقة يكشف بريقها ضوء النجم نفسه .

والطبقات الكرية الملونة لبعض النجوم - كالشمس - توجد أعلى النجم نفسه ، ولا يكاد يكون لها حركة ، بينما نجد - في نجوم أخرى - أن الذرات اللامعة حول النجم تتدفق وتفيض مندفعة إلى الخارج في انتظام ومثابة . وهناك من النجوم ما تتكون في طبقاتها الكرية الملونة فقاقيع ، لا تلبث أن تتضاءل في تدريج وتتشع في الفضاء .

ويوجد خارج الكرة الملونة الشمسية - ما يسمى بالإكليل الشمس - ويرى لامعا متلألئا ويمتد مسافة تقرب من قطر الشمس نفسها .

ولإكليل الشمس طيف تحدته الذرات المتوهجة ، كما هو الحال في الطبقة الكرية الملونة ، ولكن طبيعة هذا الإكليل ظلت سنين طوالا لغزا حير العلماء ، لأن الطيف الذي تحدته ذرات الإكليل يحتوى من الألوان مالا عمد لنا به من الذرات التي ألفنا وجودها على الأرض ، ولهذا نسبها العلماء إلى مادة خفية ، أطلقوا عليها اسم المادة الإكليلية ، لم يعدها العلماء في أى مكان آخر .

وقد ظل أصحاب الفلك على هذه العقيدة حتى أثبت لهم العالم الطبيعي السويدي إيلدن Eiden أن الإكليل الشمسي مكون من عناصر معروفة مألوفة كالحديد والكالسيوم والنيكل ، ولكنها تعاني من درجات الحرارة العالية مالا يمكن أن تصل إليه على الأرض . والمظنون أن درجة حرارة الهالة - أو التاج الحديدي للشمس - مليون درجة .

وهناك نجوم أخرى لها هالات كهالة الشمس وبعضها يبلغ من الوهج حدا فائقا

وقد درس العلماء طيف بعض النجوم العجيبة التي عانت انفجاراً مفاجئاً ،
فوجدوا فيها نفس الألوان التي وجدوها في الحالة الشمسية

وربما كان أبرز ما استلفت النظر في الطبقات الخارجية للشمس هو
ازدياد درجة حرارة كل طبقة عما تليها كلما اتجهنا إلى الخارج .

فدرجة حرارة الطبقة العاكسة والمنطقة الضوئية (١) المتوجهة من سطح
الشمس هي حوالي ٦٠٠٠ ° .

فإذا خرجنا إلى الطبقة الجوية وجدنا أن درجة حرارتها حوالي ٢٠٠٠٠٠

فإذا ارتفعنا إلى الحالة وصلت درجة الحرارة إلى ١٠٠٠٠٠٠٠٠

أما البقع الشمسية التي تشبه المنخفضات على سطح الشمس فهي أبرد حتى
من الطبقة الماصة العاكسة ويشير طيفها وألوانها إلى درجة حرارة لا تختلف
كثيراً عن ٤٠٠٠ م .

هذا النظام الطبقي العجيب في تسلسل درجات الحرارة ليس بدعاً في أمره
فهو ظاهرة ملحوظة في نجوم أخرى ، بل إنها تتجلى في بعض النجوم على
فطاق أوسع . ولولا علمنا بأن الشمس نجم منفرد الكان في تنوع طيفه
ما يمكن أن يخدعنا ويدعونا إلى الشك في تلك الحقيقة .

وقد أفادتنا هذه الحقيقة في دراستنا لكثير من النجوم الأخرى ، التي
تختلف أطراف النجم فيها إلى حد يدعو إلى الاعتقاد بأنه نجم مركب .

(١) المنطقة الضوئية Photosphere هي الطبقة السطحية المتوجهة في الشمس .
وتوجد فوقها الطبقة العاكسة Reversing Layer وهي الطبقة الجوية للذرات الماصة
ودرجات الحرارة التي نطيقها هنا وفيما بعد مقدرة بالمقياس المئوي .

مع النجوم في تطورها

(١٨٠)

دوران الشمس

أبرز ما يواجهنا من الحقائق التي تتصل بالشمس - من وجهة نظرنا كبشر - هو هذه الكواكب السيارة وقد توافرت في إحداها من الظروف الطبيعية والكيميائية ما جعله صالحاً لنشوء الحياة فيه - وهو الأرض . هذه هي الحقيقة ذات المرتبة الأولى من وجهة نظرنا كبشر .

أما من وجهة نظر الشمس - إن كان للشمس وجهة نظر - فإن كل هذه السيارات تعتبر كما مهملاً .

حتى المشتري - وهو أكبر الكواكب التي تدور حول الشمس - لا يزيد وزنه على جزء من ألف جزء من وزن الشمس .

أما فيما يختص بالسيارات فإن المشتري هو الكوكب الوحيد الذي له تأثير حقيقي ، فإن له اليد العليا في السيطرة على المذنبات . والكويكبات (التي هي أصغر أعضاء المجموعة الشمسية حجماً) بل إن المشتري يفوق الشمس نفسها من إحدى النواحي . فإن السيار العملاق يستحوذ على النصيب الأول من طاقة الدوران الكلية للمجموعة الشمسية ، فطاقته الدورانية أكبر من الطاقة الدورانية للشمس نفسها . صحيح أن الشمس تدور ، ولكنها تدور في ببطء شديد ، حتى أنها تستغرق لإتمام دورتها الكاملة شهراً كاملاً .

وقد ظلت هذه الحقيقة إحدى العقبات الكؤود التي وقعت في طريق الوصول إلى أية نظرية تفسر لنا أصل المجموعة الشمسية . فإن معظم النظريات التي صادفت شيئاً من الرواج كانت تستلزم أن يكون للشمس أكبر نصيب من طاقة الدوران الكلية .

وليس ببطء دوران الشمس بالظاهرة الفريدة في عالم النجوم ، فأكثر النجوم التي تشبه الشمس حجماً ودرجة حرارة تدور حول محاورها في ببطء .

صحيح أن هناك نجوما سريعة الدوران، ولكنها في الغالب بحجم هائلة الحجم ذات درجة حرارة عالية . أما النجوم التي تشبه الشمس فلا يتأتى للواحد منها أن يدور بسرعة إلا أن يكون أحد أفراد مجموعة توأمية ، وفي هذه الحالة يجبر النجمان التوأمان على الدوران السريع ، ويحدث أحدهما في الآخر مدأ وجزرا عنيفين ، ويظلان على الدوام وجها لوجه . وينشأ عن سرعة دوران النجم أن ينشوء ويتحول عن شكله الكروي إلى شكل شبيه بالكروي . وتسرى هذه الظاهرة على السيارات نفسها نتيجة لسرعة دورانها فالسيارات الصلبة أو القريبة من الصلابة كالارض والمشتري وزحل تبدو عند القطبين مفلطحة تقاطعا تختلف شدته قوة وضعفا (باختلاف السيار وسرعة دورانه) . فالمشتري مثلا يبدو ككرة تقالة لو استعمل في رصده مرقب صغير ، ولكن الشمس تبدو أقرب ماتكون إلى الكرة . ولم يحدث أبدا أن لوحظ عند قطبيها أى تفلطح .

والشمس على دورانها البطيء ، لها في دورانها طريقة عجيبة جدية بالانتباه فدورانها عند خط استوائها أسرع من دورانها حول قطبيها ، وقد أدى هذا إلى أن أصبح سطحها في حالة قص — أى أن بعض أجزاء سطحها ينزلق باستمرار حول بعض الأجزاء الأخرى ، وربما كان لهذا الأسلوب الذى تتخذه الشمس في دورانها أثر في استحداث دوامات البقع الشمسية ، فإذا كانت الشمس — وهى على ما تعرف من بطء دورانها — تدور عند خط الاستواء أسرع مما تدور عند القطبين — فبالك بالنجوم التى تتم دورانها حول نفسها فى ساعات معدودات ولم يؤدى هذا الدوران الفائق السرعة إلى تشويهها وتحويلها عن الشكل الكروي ؟

ثم.... ماذا عن دوران باطن الشمس ؟ ليس فى وسعنا أن نرى من الشمس غير سطحها الظاهرى والمحتمل — بل المتوقع — أن تكون سرعة دوران باطن الشمس مختلفة (عن سرعة سطحها) .

وإذا كان النجم يدور بسرعة ضئيلة ، كما هو الحال في شمسنا ، فليس من المنتظر أن يتقلب باطنه ظاهراً وأن تختلط محتوياته بعضها ببعض . ولكن ظاهرة إختلاط المحتويات تحدث في النجوم ذات السرعة الفائقة . ويمكن إعتبار درجة إختلاط المواد في داخل النجم عاملاً فعالاً في حياته .

باطن الشمس

وها نحن أولاء نجد المجال قد انتقل بنا إلى معالجة موضوع باطن الشمس . فنحن لم نتكلم حتى الآن إلا عن أجزاء الشمس الظاهرة التي يمكن رؤيتها — أى عن « بشرة » الشمس . أما باطن الشمس فلا ريب أن الأحوال فيه مختلفة عن الظاهر جد الإختلاف . ونستطيع أن نقين — دون حاجة إلى الإلمام بغير قوانين الطبيعة الأولية — أن الشمس وسائر النجوم إطلاقاً ، تتألف من مواد غازية ، سواء في ظاهرها وباطنها ، وأن درجة الحرارة والضغط تأخذان في الإرتفاع كلما اتجهتا صوب المركز .

ومن الحقائق المتعارفة ، أن أهم ما تتوقف عليه درجة حرارة النجم المركزية هو قطره ، وكتلته ، وأنها تتناسب مع متوسط كتلة الحبيبات التي يتركب منها .

ويسمى متوسط كتلة الحبيبات « الوزن الجزيئى المتوسط » . ويكون هذا الوزن الجزيئى المتوسط أقل ما يمكن إذا كان النجم كله مؤلفاً من عنصر الأيدروجين وحده ، ولكنه يزيد شيئاً ما — وإن تكن زيادة طفيفة — إذا زادت فيه نسبة العناصر الأثقل من الأيدروجين .

والسبب في هذه الخاصية التي تبدو عجيبة هو أن باطن النجوم يبلغ من شدة الحرارة حداً تفصل فيه جميع إلكترونات الذرات ، فيعتبر كل إلكترون

في هذه الحالة حبيبة في حساب الكتلة المتوسطة للحبيبات الفردية . وكتلة الإلكترونات ضئيلة إلى حد يمكن إعتبارها معها كما « مهملا » حتى بمقارنتها بنواة الأيدروجين - وهو أخف العناصر .^(١)

وإذا اتخذنا نواة الأيدروجين كوحدة فإن النجم الذي يتكون من الأيدروجين الخالص يكون « وزنه الجزيئي المتوسط » مساوياً $\frac{1}{4}$. وأما إذا كان النجم مكوناً من الهليوم الخالص ، الذي يبلغ وزن نواته أربعة أضعاف وزن نواة الأيدروجين والذي يمكن أن يفصل عنه الكترونات ، فإن الوزن الجزيئي المتوسط يكون $\frac{4}{3}$ أو ١,٣٣ . وحتى إذا كان النجم مكوناً من اليورانيوم الخالص الذي يحتوى على ٩٢ الكترونات ، ويساوى وزنه الذرى ٢٣٨ مرة الوزن الذرى للأيدروجين فإن الوزن الجزيئي المتوسط له لن يزيد على $\frac{238}{92}$ أو ٢,٥٥ .

ولما كانت معظم النجوم تتألف غالباً من الأيدروجين فإن الوزن الجزيئي المتوسط لها يتراوح عادة بين $\frac{1}{4}$ ، و $\frac{1}{2}$ ومن ثمة فلن يكون الاختلاف كبيراً بين درجات الحرارة المركزية للنجوم المتحدة في الكتلة والحجم والمختلفة في التركيب إذ لن تزيد درجة حرارة أشدها حرارة عن ضعفى أو ثلاثة أضعاف أقلها حرارة .

وبالإضافة إلى حجم النجم وكتلته ، فإذا عرفنا الطاقة الكلية المنطلقة من نجم ما (وهو ما يعرف باللمعان) فإننا نستطيع بنفس هذه النظرية أن نحسب

(١) أطلق على الذرات هذا الاسم لأنه كان يظن أنها لا تقبل الإنقسام ولكنها في الواقع أجسام مركبة وتركز معظم كتلتها في القلب المركزى أو ما يسمى بالنواة ويحيط حولها سحابة من إلكترونات والإلكترونات تعطى النواة خصائصها الكيميائية ومعظم خصائصها الطبيعية أيضاً .

الوزن الجزيئي المتوسط ، وهو يتفق مع الرأى القائل بأن النجم يتكون من نسبة معينة من الأيدروجين والهليوم والعناصر الثقيلة . وقد وجد أن درجة حرارة مركز الشمس حوالى ١٨ مليون درجة ، ويكاد يكون مؤكداً أن درجة الحرارة تضطرد في الإرتفاع كلما اتجهنا من السطح إلى المركز .

وهنا نجد أنفسنا إزاء تناقض ظاهرى عجيب : فأقل المناطق في درجة الحرارة في الشمس ، هو سطحها ، أو مادون السطح بقليل ، في قلب البقع الشمسية ، ثم تأخذ درجة الحرارة في الإرتفاع مرة أخرى إذا إتجهنا خارج الشمس عبر المنطقة الجوية والهالة الشمسية .

فالظاهرتان اللتان تسودان داخل الشمس هما إرتفاع درجة الحرارة واشتداد الضغط . وارتفاع درجة الحرارة هو السبب في أن مادة الشمس تسلك مسلك الغاز المثالى ، حتى عند مركزها . فشدة درجة الحرارة تنزع عن الذرات إلكتروناتها الملازمة لها ، وتحويلها إلى شظايا صغيرة أصغر مما هو موجود عند السطح ، وتجعلها في حالة أكثر ملائمة للتماسك والتلاحم دون أن تخرق القوانين التى تحكم في سلوك الغازات .

مصدر الطاقة الشمسية

يمكن في باطن الشمس الساخنة مصدر الضوء والحرارة . فعند درجة حرارة ١٨ مليوناً تكون الذرات في حالة تجعلها قادرة على التفاعل مع بعضها البعض وعلى تحويل بعض مادتها إلى طاقة .

وليس ثمة مصدر آخر يمكنه أن ينتج — على مدى ملايين السنين — هذا المدد المتواصل من الطاقة الجارية . وقد ظلت مسألة مصدر طاقة الشمس مدة طويلة لغزاً محيراً . فإهو مصدر طاقة الشمس ؟ ... الاحتراق ؟ ... التفاعل الكيماوى ؟ ... الانكماش التجاذبى ؟ ... سحب الطاقة من الوسط المحيط بها ؟ ... كلها فروض ثبت أنها قاصرة قصوراً بينا عن تفسير حقيقة الطاقة . وقد ظل العلماء يتخبطون

في فروضهم ونظرياتهم حتى بدا لهم أن نظرية الطاقة النووية هي طريق الخلاص الوحيد. وقد تبنت لهم هذه الحقيقة قبل أن يفهموا حقيقة هذه العملية فهما دقيقا بوقت طويل.

فقد تساءل العلامة إدنجتون Eddington منذ ربع قرن : هل تنطلق الطاقة من المادة عند درجة حرارة ٤٠ مليون درجة انطلاقا حرا يشبه انطلاق البخار من الماء عند درجة حرارة ١٠٠ م°.

واليوم تجيب بحوث الطبيعة النووية على هذا السؤال بالإيجاب ، وقد أبدت التجارب هذا الجواب ، وشهدت المادة وهي تتحول فعلا إلى طاقة في المعامل. فباطن الشمس يطلق الطاقة بواسطة عامل مساعد كما يجرى في الكيمياء الذرية. ولكن المواد المتفاعلة في الشمس هي النوى مجردة عارية وليست الذرات مكسوة بضباب الإلكترونات.

وقد اكتشف كل من هانز بيت Hafs Beth ، وفون فيساكر Von Weizsäcker - وفي وقت واحد تقريبا - أن نوى الأيدروجين سيتحد ، في سلسلة من التفاعلات النووية - تدخل فيها نوى الكربون كعامل مساعد - وقد اتضح أن أربعة من نوى الأيدروجين يتحد مكونا نواة من الهليوم.

ويكون وزن الهليوم أخف من مجموع أوزان نوى الأيدروجين بمقدار ٠.٧ ٪ تقريبا. وهذا البقص في الكتلة يتحول إلى طاقة تحتاز طريقها من باطن الشمس إلى سطحها في تدفق متصل متواصل.

ولا يستطيع التفاعل أن ينتج طاقة كافية إلا عند درجات حرارة تتراوح بين ١٥ مليوناً ، ٢٠ مليوناً من الدرجات. ومعدل انطلاق الطاقة يتوقف على الأس الثامن عشر لدرجة الحرارة ، ومن ثمة فعظم طاقة الشمس تصدر من

حادة المنطقة المركزية حيث تكون درجة الحرارة على أشدها .

وعند درجة حرارة ١٥ مليون درجة يكون الضوء المنبعث مشابها للأشعة السينية (وفيها يكون الضوء بنفسجيا أكثر من الضوء الفوق البنفسجي) ، ويتدفق الضوء إلى الخارج وتلقفه الأيدي — إن صح هذا التعبير — عبر إلكترونات وذرات الطبقات المتراكمة فوق قلب الشمس ، وتزداد حمرة الضوء باستمرار خلال هذه العملية حتى أنه عندما يصل إلى السطح يكون لون الضوء أصفر مائل للخضرة (١) .

وتوهج الشمس ليس الا أثرنا من آثار الطعام الذى تتناوله ، وما طعامها إلا مادة جسمها ، وما أبسطه ... إنها لا تتناول من صنوف الغذاء — حسب ما نعلم — إلا لونا واحدا هو الأيدروجين .

هذا اللون من الطعام هو الذى يقوم بأود سائر النجوم الأخرى . وربما أتيت لأطفال النجوم أن تتناول ألوانا أخرى من الطعام ولكن عذطفولها لا يستغرق طويلا ، وربما كان السبب راجعا إلى أن ألوان الطعام الأخرى ، غير الأيدروجين ، غير متوافرة .

على أن عمليات الهضم قد تختلف شيئا ما بين أنواع النجوم المختلفة . فإذا كانت درجة الحرارة أدنى من ١٥ مليونا من الدرجات ، فإن دورة الهضم التى يساعد الكربون على إتمامها يمكن أن تتم بطرق أخرى ، كالإتحاد المباشر بين البروتونات (نوى الأيدروجين) لتكوين الهليوم — وهذا هو ما يسمى

(١) يعطى سطح الشمس فى الواقع كميات كبيرة إلى حد يدعو إلى العجب من الإشعاعات ذات الموجة المتناهية فى القصر وهى كميات أكبر بكثير مما ينتظر عندما يكون الضوء موزعا تبعا للقوانين الأولية لإشعاعات الأجسام التى يطلق عليها اسم الأجسام السوداء (وهو اصطلاح يبدو فى السمع متناقضا وهو يرمز إلى سطح يتمص ويشع بطريقة مثالية تبعا لقوانين معينة مستنتجة من نظرية الكم)

بتفاعل البروتون والبروتون . ويظل الطعام كما هو ويهضم الايدروجين ويتخلف الهليوم.

وقد ظلت الشمس تتغذى على أجزائها الباطنة مدى عشرات بل آلاف ملايين السنين ، ومع ذلك ظلت مكونة في معظمها من الايدروجين ، الذى يمكنه لاستمرار الحال جاريا على نفس الوتيرة لمدة لا تقل طولا عن المادة الماضية .

ومعظم النجوم الاخرى غنية هي الاخرى بمادتها الحيوية ، ويقدر لها ما يقدر للشمس من مستقبل باهر . وقد يبدو من التناقض أن مستقبل النجوم التى تتغذى على الايدروجين أزهر من ماضيها ، لأن تألق نجم ما ذى حجم معين وكتلة معينة يتوقف أساسيا على الوزن الجزئى المتوسط لمادته . ولما كانت كمية الايدروجين تناقص ببطء ، فإن الوزن الجزئى المتوسط يزيد بالتدريج وبهذا يزداد تألق النجم مالم يحدث تغير شامل فى نظام تركيبه الداخلى .

وقد أثبت الفلكي العظيم إدنجتن - قبل أن يتعرف العلماء على العملية الحقيقية لغذاء النجوم - أنه كلما زادت كتلة النجم ، زادت الطاقة المنطلقة منه . والواقع أن الطاقة المنطلقة من نجم ذى تركيب معين ، يتناسب مع مقدار يتراوح بين الأس الثالث والأس الرابع لكتلته . وتخضع الأغلبية العظمى للنجوم التى عرفت كتلتها ، لهذا القانون خضوعا يوشك أن يكون تاما .

ويسمى هذا القانون بقانون الكتلة واللمعان ومعظم النجوم التى لا تنتظم تماما فى هذا القانون ، لا تنحيد إلا قليلا عنه . وهذا الحيود يمكن رده إلى الفروق الممكنة فى الوزن الجزئى المتوسط نتيجة لاختلاف التركيب الكيماوى . وقد بينا من قبل أن مدى هذه الفروق صغير لا يتجاوز الضعف أو ثلاثة الأمثال .

على أن هناك نجوما لا تخضع لهذا القانون ، كما سنرى فيما بعد إن شاء الله - وهذا النوع من النجوم يمكن أن نعتبره شواهد تنير لنا الطريق لدراسة نظريات تطور النجوم .

ويقدر لمعان الشمس - أو أى نجم آخر - بكمية ما تشعه بالاطنان في الثانية فلو فرض أن لمعان النجم يتناسب مع كتلته ، لكان معنى هذا أن جميع النجوم المتحدة في التركيب تتساوى في طول المدة التي يقدر لها أن يعيشها ولكن الواقع أن هناك من النجوم ما هو أكبر كتلة من الشمس ، ولكنه يستهلك نفسه بأسرع مما تفعل الشمس .

فالنجم الذى تساوى كتلته ضعف كتلة الشمس أسرع تبديدا لكتلته من الشمس لإثنتى عشرة مرة - والنجم الذى تزيد كتلته على كتلة الشمس عشر مرات أسرع في الإتهام نفسه من الشمس ألف مرة - وتتساعد سرعة الإستهلاك إلى مليون مرة في حالة النجم الذى تكون كتلته قدر كتلة الشمس مائة مرة ، ويكون احتمال بقاءه حيا أقل من احتمال بقاء الشمس مليون مرة . وبهذه الطريقة التى اعتدنا أن نساكها في حساب حياة النجوم ، يمكننا أن نقدر العمر الكلى لنجم كالشمس بحوالى ٥٠٠٠ مليون سنة ، فإذا كان ثمة نجوم تبلغ كتلتها قدر كتلة الشمس مائة مرة ، فإن عمر نشاطها يقدر بآلاف السنين لا بملايينها . ولا بد أن يحجب عليها اليوم الذى يصيبها فيه الخوذة التام في الوقت الذى تكون شمسا فيه لا تزال تشع طاقتها إشعاعا دائما في بريق متصل لا يهد - ومثل هذه النجوم الحاملة الهامدة المستهلكة موجودة فعلا - والأمانة التى يمكن تمييزها بها هى أن بريقها أخفت عما يتوقع أن يكون عليه إذا طبقنا قانون الكتلة - اللعنان . . . فضوؤها ضعيف لأنها استهلكت مصادرها النووية الداخلية ، واستنفدت كل ذخيرتها من الأيدروجين وبنات معنى « وجودها » محصورا فيما تبقى لها من رصيد محدود ، هو قوة الجاذبية (الإنكماشية) ^(١) .

(١) فإن في وسع النجم - بانكاش حجمه - أن يحول طاقته الشاقلية إلى ضوء وحرارة .

والواقع أن الشمس تعتبر مرآة للكون كله ، فدراستها تعتبر إلى حد كبير دراسة لساثر النجوم فى - شأنها فى شأن النجوم الأخرى - كرة من الغاز المتوهج، يكون على أسخن حالاته وأكثفها فى الباطن، وسطحها بحر متلاطم من الذرات يغلى وبفور ، وتسيح من حولها الغازات كأنها الريش متطائرا فى الهواء، وتندفع خيوط متوهجة مصعدة متعالية ، بينما تهبط نافورات لامعة كأنها الشلالات وتدوم فى سطحها أعاصير جبارة وتندفع كالسهام لهما مارقا جارفا مندفعا لا يلبى على شئ ، ثم تنفثع إنفثاعاً وكأنها لم تكن ، وتوهج الخوافق تخطف البصر ثم تختفى وتتلشى . ويحتويها جو لامع يحيط بها من جميع أنحائها كما يحيط الخاتم بالإصبع ومن حول هذا الجو يومض الإكليل الشمسى وتوهج هالتها وتعدل القوى المغنيطية الشديدة فعلها عبر سطحها ، وتتناثر الذرات والإلكترونات منها فى الفراغ ، وفيما هى تدور حول محورها يكون خط إستوائها أسرع دوراناً ويكون فى المقدمة دائماً ، وتنبثق البقع الشمسية على وجهها فى دورة إيقاعية بطيئة رتيبه ، وتبلغ أقصى حالات نموها كل أحد عشر عاماً ثم تتضاءل وتزول... ياله من مشهد - مشهد هذه الشمس التى تعتبر بحق مرآة رائعة للكون - فهذا الذى يحدث للشمس يحدث لساثر النجوم ، ودراسة «عادات النجوم» هو مفتاح لتاريخها . إن الشمس مكونة من الأيدروجين، مضافاً إليه كميات ضئيلة (على الريحة) (١) من المواد الأخرى، وهذا هو شأن النجوم الأخرى ، واستهلاكها المنظم الرتيب للأيدروجين هو الذى يبق على توهجها ، وأكثر النجوم لاتغذى إلا بهذه الطريقة .

فأينما وجهنا أنظارنا الى العوالم ، لم نجد إلا نفس القوى تفعل فعلها ، ونفس الظواهر تلعب دورها ، - ولكن على نطاق أوسع تبدو الشمس بازائه وكأنها قرم ضئيل - . لقد كان أول شخصية «قدمناها» على المسرح هو الشمس

فلنخرج إلى سائر النجوم ، وهي أعضاء من نفس الطائفة التي فيها الشمس
ولنقدمها إلى النظارة عسى أن يستطيعوا المقارنة بينها وبين هذا الممثل الذي
عرفوه وألفوه .

الجبار والنجم الكلب

إنحدرت إلينا الكوكبات من الماضي السحيق ، فالأسماء التي نطلقها على
كوكبات الجبار أى الصياد القوي ، والنجم الكلب أى الشعرى اليمانية ،
ليست إلا الأسماء التي كان يعرفها بها هوميروس . وهذه النجوم تتلأأ في سماء
ليل الشتاء ، بجانب الطريق اللبني ، فترى الجبار وقد تألق بمنطقته وسيفه ، وإلى
جانبه الكلب الكبير وإلى ورائه الكلب الصغير .

ويعتبر الشعرى اليمانية — النجم الكلب — ألمع نجوم سماء الليل إطلاقاً .
ولكنه لمعان خادع ، فهو يرجع إلى شدة قربه منا . ولكنه يعتبر في الواقع
من ألمع النجوم ، فلذعانه يعادل لمعان الشمس أربعين مرة (١) ، وقطره يعادل
ضعفي قطرها ، ووزنه حوالي ضعف وزنها ، ودرجة حرارة سطحه تعادل
حوالي ضعف درجة حرارة سطحها .

والنجوم التي تشبه الشعرى اليمانية ليست قليلة بل إنها على درجة من الشروع
لا بأس بها — وإن تكن النجوم التي تشبه شمسنا أكثر منها عدداً — فالنسر
الواقع ، مثلاً ، يكاد أن يكون كالشعرى اليمانية حجماً ، وتألقاً ، ووزناً ،
ودرجة حرارة .

(١) ولكن الشعرى اليمانية لا تظهر لنا ألمع من الشمس أربعين مرة ، لأنها أبعد
منها كثيراً . فلو أن الشعرى اليمانية قد وضعت مكان الشمس ، لبدا لنا ضوءها
لمع من ضوء الشمس أربعين مرة . ولكي يمكن مقارنة لمعان النجوم أو شدة تألقها ،
درج علماء الفلك على أن يتخيلوا أنها اصطفت على مسافة واحدة منا ، ومن ثمة
يستطيعون أن يقدروا المقارنة بين درجات تألقها . ويطلق على درجة اللعان عند
المسافة المصطلح عليها (وهي بعد الشمس عنا) اسم «التألق المطلق» أو «القدر المطلق» ،

ولكن للشعري الثمانية ميزة لانجدها في النسر الواقع ، إذ يصحبها نجم آخر أخفت منها ضوءا ، فنطلق عليه أحيانا هذا الاسم الثاني « الجرو » (انظر شكل ١) ويدور أحدهما حول الآخر في مدارات إهليلجية بتأثير قوة الجذب المتبادل بينهما .

وكتلة الجرو تعادل كتلة الشمس أو تكاد ، ولكن سطحه أسخن من سطحها نوعا ما وقطره لا يزيد على $\frac{3}{4}$ من قطرها ، ولمعانه يبلغ $\frac{2}{3}$ من لمعانه ، وهذا خرق صارخ للقاعدة التي تقول أن لمعان نجم يتوقف على كتلته ، فلو أن « الجرو » كان خاضعا للقانون الخاص بعلاقة الكتلة باللمعان لوجب أن يكون لمعانه أكبر من لمعانه الحالي ٥٠ مرة .

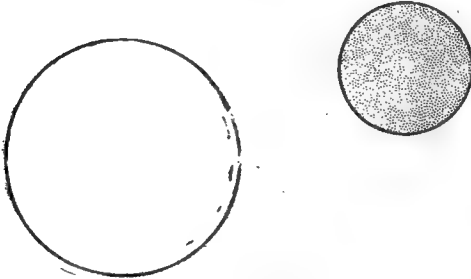
والواقع أن الجرو حالة من حالات الخوذة أو الإفلاس النجمي ، إستهلك كل ما كان متاحا له من وقود الأيدروجين ، وهو لا يبدو لامعا إلا بفضل إنكماشه البطيء ، فتتحول طاقته الثقالية إلى ضوء .

ووزن الجرو يعادل وزن الشمس ، إلا أن حجمه لا يزيد على جزء من ٢٥ ألف جزء من حجمها ، فادته مكدسة بعضها فوق بعض تكدسا شديدا حتى أن البوصة المكعبة منه تزن طنا كاملا .

ومن المدهش ، بعد هذا كله ، أن نعلم أن مادة الجرو ، في كل أنحائه ، غازية ، وأن هذه المادة قد وصلت إلى الحالة التي يطلق عليها اسم « حالة المسخ » ، أو حالة « الإنتكاس » ، وهي حالة تكون فيها المادة عاجزة تماما عن توليد أية طاقة إلا الطاقة الناشئة عن الإنكماش . وهذا النجم — ومن الأصوب أن نطلق عليه « رفيق الشعري الثمانية » — هو أول حالة خمود تكتشف بين النجوم .

ورفيق الشعري الثمانية أحد أفراد المجموعة المسماة بالأقزام البيض ، وهو أقرب نجوم هذه المجموعة ، وأطوعها للمشاهدة والمراقبة والرصد .

وعلى مافى رفيق الشعرى اليمانية من غرابة الطبع ، فليس هذا النجم فريداً في بابه . فن بين النجوم القريبة من الشمس (وبالتالي القريبة منا) — وعددها خمسة وعشرون نجماً — يوجد ثلاثة نجوم من نوع الأقزام البيض ، في مقابل نجم واحد فقط من طراز الشعرى اليمانية . وقد عرف من هذه الأقزام البيض متان والفضل أكبر الفضل في معرفتها يعود إلى مجهودات العلامة لويتين Luyton .



شكل ١ — الشعرى اليمانية ورفيقها مصغرين بنفسه واحدة . الدائرة المظلة تمثل الشمس بنفس مقياس الرسم . في هذا الشكل وفي غيره من الأشكال التي سترد فيما بعد تدل درجة التظليل دلالة عكسية على درجة الحرارة . فكلما كان التظليل قتيلاً كانت درجة الحرارة أخف .

وإذا وضعنا نصب أعيننا أن الأقزام البيض خافتة خاية ، وأن دون العتور عليها جهوداً شاقة ، لأدركنا أنها لا يبعد أن تكون في عددها خمسة أضعاف أو عشرة أضعاف النجوم المائلة للشعرى اليمانية . بل ربما كانت أكثر شيوعاً في هذا الجزء المحيط بنا من الكون من النجوم المائلة للشمس .

والواقع أن الشعرى اليمانية يعتبر في وجوده أقرب إلى الشذوذ من تابعه

الخافت ، برغم أن خواصه تبدو لنا أقل إثارة للدهشة منه . فإذا حاولنا أن نقول أجزاء قصة تطور النجوم فيجب أن نخصص للأقزام البيض — على ما في خصائصها من غرابة — أدواراً رئيسية في هذه المسرحية .

وننتقل الآن إلى الحديث عن الشعري الشامية — نجم الكلب الصغير ، وهو يقع في مرتبة وسطى بين الشمس والشعري اليمانية ، من حيث حجمه ، وكتلته ، ولعانه ، ودرجة حرارته ، وإن كان أقرب إلى الشمس في كل هذه الصفات .

وللشعري الشامية — شأن الشعري اليمانية — رفيق من الأقزام البيض غير أنه أصغر حجماً وأخفت ضوءاً من الجرو — ونظراً إلى خفوت ضوءه ، لم نستطع أن نحصل على صورة فوتوغرافية له تتوافر فيها الدقة التي تتوافر في الصور التي تمسكنا من أخذها للجرو .

وهناك قزم أبيض ثالث ، سمي باسم مكتشفه نجم فان مانيـن Van Maanen ويُلوح أنه نجم مفرد . وهو بدوره أصغر حجماً وأخفت ضوءاً من رفيق الشعري اليمانية ، ويبلغ قطره جزءاً من سبعة آلاف جزء من قطر الشمس ، ولعانه لا يزيد على جزء من عشرة آلاف جزء من لعانه .

وأصغر الأقزام البيض المعروفة لنا يقارب في حجمه حجم الكوكب عطارد . ويتراوح حجم معظم الأقزام البيض بين حجم الأرض وحجم السيار أورانوس . وسنلتقي بالأقزام البيض مرة أخرى حين نتعرض لموصف اللقطات التي تصورها مجموع النجوم .

والنجوم الحامدة ظاهرة شائعة ، تبلغ من الشيوع حداً يحملنا على الاعتقاد بأن الظروف التي أدت إليها ظروف طبيعية عادية . ولا بد لنا أن نتساءل أئمة مناصر للنجوم من الوقوع في هاوية الإفلاس ؟ ولكن هذا المبحث يعتبر جزءاً من المسرحية ومهمتنا في هذا الفصل لا تعدو مجرد التعريف بالشخصيات وتدريبها إلى جمهور القراء .

إن الشعري اليمانية تبدو لامعة لأنها قريبة منا قريباً مناسباً ، ولكن معظم

النجوم التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة في كوكبة الجبار ألمع بكثير من الشعرى اليمانية . فالنجم المسمى سلسلة اللآلئ — وهو النجم المركزي في حزام الجبار — يفوق لمعانه لمعان الشمس (١) ٦٠٠ مرة على الأقل ، ودرجة حرارة سطحه تبلغ أربعة أضعاف درجة حرارة سطح الشمس ، وقطره أضعاف قطرها ، أما كتلته فلعلمها تفوق كتلتها عشرين مرة .

ونجم سلسلة اللآلئ تتمثل فيه خصائص النجوم الزرقاء في كوكبة الجبار ، وهناك عدد من هذه النجوم يوجد على شكل مجموعات توأمية .

وهناك ما هو أشد حرارة من هذه النجوم ، نغني بها هذه العقدة النجمية الصغيرة التي تكون النجم المركزي في سيف الجبار ، وتسمى نجوم الرباعي العظيم ، ويمكن رؤية ثمانية نجوم منها ، وبعضها — إن لم يكن كلها — توجد على الحالة التوأمية .

ونجوم الرباعي تلغ من الحرارة حدا يثير وهجا في سحب الغاز المحيطة بها .

ولكن هناك ما يفوق كل ما ذكر في شدة الحرارة وقوة اللمعان ، وهو توأم جبار من التوائم النجمية في كوكبة الكلب العظيم (٢) نطلق عليه اسم و . ي . الكلب العظيم وهو من ألمع النجوم الكسوفية (٣) التي تبدو للعين المجردة .

(١) إذا ذكرت « اللعان » فإنما أعني به — هنا وفي كل معرض آخر — اللعان « الحقيقي » أو « المطلق » للنجم — أي اللعان الذي كان يمكن أن يبدو عليه النجم لو أنه كان على مسافة تساوي المسافة بيننا وبين الشمس .

(٢) وهذا النجم — شأن عدة آلاف أخرى من النجوم — يختلف من حيث اللمعان . ومثل هذه النجوم في حاجة إلى أسماء مميزة ، ويحصل عليها بإضافة حرف أو حرفين للإسم اللاتيني للكوكبة التي توجد فيها .

(٣) موضوع النجوم الكسوفية تجده مفصلا في الفصل الثالث (المترجم) .

وتبلغ درجة حرارة هذا التوأم خمسة أضعاف درجة حرارة الشمس ،
وقطره قدر قطرها ثلاثين مرة ، وكتلته تفوق كتلتها بأكثر من عشرين مرة ،
وبريقه يفوق بريقها عشرة آلاف مرة . ومن ثمة يمكن اعتبار هذا النوع من
النجوم «عشليين» ، ظاهرين وشخصيات بارزة في مسرحية تطور النجوم .

وبرغم أن هذا الضرب من النجوم يفرض نفسه علينا فرضاً بما له من
لمعان خلاب ، فإنها لا تعتبر نجوما شائعة . فلقاء كل نجم منها ، نجد ألفاً من
أمثال الشعري اليمانية ، ومائة ألف من النجوم مثيلات شمسنا .

النجوم العملاقة العليا

وهناك نجم أزرق يدعى «راعى الجوزاء» ، في كعب الجبار وهو
لا يقل لمعانا عن النجوم التي تحدثنا عنها آنفاً .

فلمعانه يفوق لمعان الشمس حوالى ٢٠,٠٠٠ مرة ، وحرارته أعلى نوعاً ما
من درجة حرارة الشعري اليمانية ، أما من حيث الحجم فإنه يفوقها بمراحل .
وربما يبلغ قطره قطر النجم الكلب ١٥ مرة .

ولهذا النجم طبقة كرية ملونة ضخمة ، يضيؤها (ضوءاً متقطعاً) شئ
أشبه ما يكون بتنوعات . وهى تنوعات يبلغ وهجها حداً يجعل ضوء ذراتها
لا يندروجينية يظهر ولا يخبو إذا قورن بسطح النجم اللامع .

ويظهر من الخطوط التفصيلية الدقيقة للخطوط الذرية أن جو «راعى
الجوزاء» ، أشد رقة من جو الشمس .

أما كتلة «راعى الجوزاء» فغير معروفة ، ولكنها على أى حال تفوق كتلة
الشمس ٤٠ مرة على الأقل .

ولما كان لمعان «راعى الجوزاء» يعادل لمعان الشمس ٢٠,٠٠٠ مرة ويتدفق

هته ٨٠٠.٠٠٠ مليون طن من الضوء فى الثانية ، فهو إذن أسرع فى استهلاك
حادته عن الشمس بقدر ٥٠٠ مرة ، وبالتالى ستكون حياته أقصر من حياة
الشمس بنفس النسبة .

فإذا قدر للشمس أن تعيش ٥٠٠٠ مليون عام ، فلن يقدر لرأى الجوزاء
أن يعيش أكثر من ١٠ ملايين من السنين .

وبعبارة أخرى . لو كانت المدة التى قضاها هذا النجم لامعا فى السماء تبلغ
١٠ ملايين من السنين ، لكان قد وصل الآن إلى حالة الإفلاس . ولكن رأى
الجوزاء أبعد ما يكون عن الإفلاس ، فهو واحد من أشد النجوم سخاء وإسرافاً . وإذن
لا يسعنا إلا أن نستنبط أن عمره لا بد أن يكون أقل من ١٠ ملايين من السنين .

فإذا سرنا من رأى الجوزاء عبر الكوكبية لوجدنا نجم « إبط الجوزاء »
اللامع ذا الضوء المختلج الوردى وهو فى مرتبة بين نجم النسر الواقع ورأى
الجوزاء من حيث اللمعان ، ولكنه أبعد من أيهما فدرجة حرارة سطحه تقارب
نصف درجة حرارة سطح الشمس .

وهو يمسد من أكبر النجوم ، فقطره يعادل قطر الشمس ثلثمائة مرة
وكثافته أدنى من جزء من مليون من كثافة الشمس . وضوء « إبط الجوزاء »
غير ثابت ، ومتمثل أن يكون النجم الرفيق متذبذباً ويصاحب هذا التذبذب
تغير فى الحجم ، وربما فى الشكل أيضاً .

ولكن على الرغم من رقة إبط الجوزاء وشفافيته فإن كثافته عند المركز
عالية وهو متماسك تحت تأثير الجذب . وربما كان له جسم نجم يشبه سلسلة
اللالى ، يحيط به جو بارد يشغل حيزاً شاسعاً .

ويمكن ملاحظة الحركات العنيفة فى الغلاف الجوى لإبط الجوزاء كما يظهر
ضوء تنوءات الكالسيوم فى طيفه . وإذا استطعنا أن نتصور تنوءات شمسنا

وقد كبرت إلى ما يفوقها حجماً أضعاافاً مضاعفة ، لأمكنا أن نكون فكرة عن تنوءات هذا النجم ، اللى يبلغ من شدة وهجها أنها تطمس تماماً سطح النجم الذى يمكن داخلها .

ولكن فصائل راعى الجوزاء وإبط الجوزاء من النجوم ليست شائعة . فإذا حاولنا أن نصور تاريخ حياة النجوم العادية ، فلن نكون نخطئين إذا أسقطنا أمثال هذين النجمين من حسابنا لإسقاطا . فهما يختلفان عن سائر النجوم العادية فى إسرافهما الشديد فى طاقتهما ، كما أن حجمهما فوق المعدل ، ولا بد أنهما فى عمرهما تحت المعدل . وهما يختلفان فيما بينهما ، إختلافاً كبيراً من حيث الظاهر ، ولكن يبدو أن لكل منهما طبقة كرية ملوثة هائلة . وهذه ظاهرة يغلب وجودها فى النجوم التى تنصف بالإسراف . وهما لا يختلفان عن سائر النجوم فى النوع وإنما يختلفان فى الدرجة .

النجوم المتغيرة

وفوق كتف العملاق نجم غير واضح يسمى الجبار . وهو واحد من تلك الطائفة الكبيرة العدد التى تعرف بالمتغيرات الطويلة الأمد . وهو فى حجمه يكاد يبلغ حجم إبط الجوزاء ، ولكن سطحه أبرد نوعاً من سطحه . وبريقه لا يسطع فى غير انتظام ، ولكنه يبدو للعين متقلباً فى تعاقب منتظم رتيب ، ويتضاعف لمعانه مائة ضعف* مرة كل عام .

ولكنى الجبار فى أشد حالات تألقه لا يكاد يبلغ عشر تألق إبط الجوزاء ومع ذلك فهو مازال ألمع من شمسنا بمقدار مائة ضعف ، ويكاد يكون من المحقق أن هذا النجم يتذبذب وينبض نبضاً رتيباً ، كلما خبا أو تألق .

(٥) إن التغير فى المعان أمر حقيقى ، ولكن الكيفية التى تراه بها العين ليست إلا وهما ، فالنجم يزداد برودة كل إزداد ضوءه خفوتا ، والحد الأقصى للضوء يصل إلى حدود الضوء تحت الأحمر ، بعيداً عن المنطقة التى يمكن للعين تمييزها . فالتغير فى لمعان الضوء كله يقدر بحوالى الضعف تقرباً .

وقد أظهر الفحص الدقيق لطيف هذا النجم أنه محوط بغلاف رقيق شفيف من الغازات الباردة كذلك التي ييناغا في حديثنا عن إبط الجوزاء، ولكن غلافه ليس معتماً إلى الحد الذي يخفي الإشعاعات المتألقة لذرات الأيدروجين أو غيره، وهي تبدو على أوضحها وأجلاها حين يكون النجم متألقاً، وتوحى بوجود نوع من الطبقات الداخلية الكرية الملونة على درجة عالية من الحرارة وهناك أكثر من شاهد واحد يحملنا على الترجيح بأن التغير الرتيب في هذا النجم يصحبه انفجارات في الذرات كالجداول ذاهبة إلى الفضاء المحيط بالنجم. وهي ظاهرة تشبه الظاهرة التي تحدث في الشمس، ولكن على نطاق أوسع ومدى أكبر والنجم ي الجبار، كالشمس، يكشف عن تغيرات واسعة النطاق تطلأ على حالته مما لا تتوقع حدوثه على سطح نجم واحد.

فدراسة طيف هذا النجم تدل على وجود مركبات كيميائية، كأكسيد التيتانيوم والزركونيوم (التي لا يمكن وجودها إلا في درجات الحرارة المنخفضة) وعلى وجود خطوط لامعة من الأيدروجين (لا يتوقع وجودها إلا في درجات حرارة تفوق درجة حرارة النجم ثلاث مرات).

وعندما يكون النجم باهتا، يرى وقد أحاط به نوع من ذرات الحديد — حديد في أقصى حالات الإلتشار — ويحتمل أن يكون على شكل سحابة من بخار الحديد تندفع في الفضاء. ونشاهد أمثال هذه الإشعاعات في المناطق المجاورة المتفجرة، ولا يمكن ظهورها — حسب ما نعلم — إلا على أبعاد كبيرة من سطح النجم.....

والتغيرات ذات الأمد الطويل أقرب ما تكون إلى لغز من الألغاز، ولكن في شمسا مفتاح هذا اللغز.... فلو تصورنا شمسا متفجرة ممتدة، تنبض نبضا رتبيا، ويحيط بها غلاف كرى ملون مترام وتندلع منها قنوءات هائلة قائمة النشاط — لتكون لنا من هذا كله صورة هي أشبه ما تكون بالنجم ي الجبار.

وفي كوكبة أخرى ، يوجد نجم أشد إمعانا في الغموض — هو النجم المتغير « ز المرأة المسلسلة » ، فهذا النجم أيضا تتناوب إختلافات في اللمعان تجرى على شئ من الانتظام . فهو تارة خافت اللمعان وأحيانا يلتمع إلتقاعا فائقا مصحوبا بانفجار قوى عات ، ويحدث هذا دائما على فترات منتظمة يبلغ طول كل منها ثلاثة أعوام .

ويشاهد في طيف هذا النجم تارة طيف مركبات كيميائية معينة ، يدل وجودها على درجة حرارة منخفضة ، كما يشاهد فيه تارة أخرى خطوط طيفية متغيرة لامة تثير الدهشة ، يدل وجودها على درجة حرارة غاية في الإرتفاع ، وتشتد زرقة النجم كلما زاد إلتقاعه ، وقد يبلغ هذا الإلتقاع حسدا فائقا في سرعة خاطفة .

وتدل دراسة الأطياف المختلفة لهذا النجم على مدى ما يعتوره من إختلاف في درجة الحرارة فقد تعلق حرارته حتى تصل إلى درجة حرارة هالة الشمس (أى مليون درجة) ، وقد تهبط حتى لا تزيد على ٣٠٠٠ ° (وهى درجة حرارة سطح النجم لبط الجوزاء) .

وقد درج العلماء على إعتبار أمثال « ز المرأة المسلسلة » ، وهو يمثل طائفة ضخمة من النجوم ، مزدوجا توأميا يتكون من نجم بارد مقترن بنجم حار متفجر . وجميع العناصر التى توجد في أمثال هذه النجوم لا تخرج عن العناصر الموجودة في الشمس . ولو تصورنا السنة متوجهة منقطعة ، وطبقة كرية ملونه لامة وهالة وضاءة ، لتكون لنا من مجموع هذا كله صورة نجم من هذه النجوم .

ولكن هذه النجوم تنفرد بخصائص لا توجد في الشمس ، ويمكن أن نمزوها إلى أن غلافها أرق من غلاف الشمس .

وبعض أفراد هذا الفريق العجيب من النجوم الذى توجد أفرادها في حالة زائلة مكونة بنجوم مزدوجة ، تؤثر بعضها على بعض بطريقة يصعب وصفها .

أما النجم المفرد الذى تتمثل فيه حالات مختلفة واسعة النطاق ، فلا تصادفنا فى دراسته إلا قليل من الصعوبات . والواقع أننا نعرف مثلا نموذجيا لهذا الصنف من النجوم — ألا وهو الشمس .

وهناك نجوم نابضة خافتة أخرى تناخم كوكبة الجبار . وهى لفرط بعدها عنا تبدو خافتة ولكن أخفتها يكاد فى الواقع أن يفوق لمعانه لمعان الشمس مائة مرة .

وبعض هذه النجوم — تلك التى تسمى نجوم رر السلياق — تنذبذب فى سرعة وتأرجح بين أقصى لمعانها وخفوتها فى دورة طولها يوم أو بعض يوم وعلى العموم ، تتفاوت المدة التى تستغرقها النجوم النابضة المتغيرة لإتمام مرحلة خفقاتها تفاوتا واسع المدى، فقد تقصر المدة حتى لا تزيد على الساعتين وقد تطاول حتى تصل إلى عدة سنوات .

وهناك نجوم يختلف لمعانها بسبب ما يعتريها من كسوف دورى ، ولكن البحث فى أمر هذا النوع من النجوم ليس موضعه هذا الفصل ... فالنجوم النابضة التى نبحث فيها الآن نجوم مستقلة لا نجوم مزدوجة ، ولكل نجم منها مدة تتم فيها مرحلة تنبضها ويتحكم فى طول هذه المدة ظروف النجم الخاصة .

فكلما زاد تألق النجم ، وبالتالى ، كلما زاد إشعاع ضوئه ، قلت السرعة التى يقطع فيها مرحلة التنبض ، وبالتالى طالت مدة تنبضه ، والمعروف أن السرعة مرتبطة ارتباطا تاما بكثافة النجم .

وحجم النجوم المتغيرة المتنبضة (نجوم رر السلياق التى يبلغ طول دورتها بعض يوم) أكبر بقليل من حجم الشمس ، ولكن سخوتها ضعف سخوتها ولمعانها يبلغ قدر لمعانها حوالى مائة مرة

وأما النجوم التى تتم دورة تنبضها فى مدة يتراوح بين يوم وخمسين يوما

(المتغيرات القيفاوية) فقطرها يفوق قطر الشمس ما بين عشر مرات ومائة مرة ولعانها يفوق لعان الشمس ما بين مائة مرة وعشرة آلاف مرة .

وهناك نجوم أخرى أبداً من المتغيرات القيفاوية ، هي النجوم المتغيرة ذات الدورة الطويلة ، أمثالى الجبار .

ويلاحظ أن النجوم المتغيرة أكثر تحجراً وإنطلاقاً من شمسنأ ، ولا تعاني مثلها الكبت الذى يحد نشاطها ويعوق إنطلاقها فهى تنذبذب فى حرية وإنطلاق ، ويبدو أن الذرات تنذر حولها منطلقة مع حركات هذه الذبذبة .

صحيح أن للشمس حركات تذبذبية من هذا القبيل ، ولكن على نطاق ضيق لا يكاد يكون ملحوظاً أو لعل ما كنا نتوقعه من ذبذبة الشمس قد اتخذ مظهراً مغايراً جداً لتلك الذبذبة ، هو ما نلاحظه عليها من الألسنة المتقطعة أو حتى دورة البقع الشمسية .

ولسنا نعلم أسباب الذبذبات النجمية لا ، ولا نعلم أسباب دورات البقع الشمسية ، ولسنا نستطيع أن نجزم أن بينهما علاقة ما ، ولكننا فى نفس الوقت لا نجزم بعدم وجود هذه العلاقة .

نجوم وولف - رايت Wolf - Rayet

ولعل أروع ما تنطوى عليه صفحة السماء من نجوم تقع فى كوكبة الكلب الكبير (النجم ^٢ الكلب الكبير) . ولعلها لا تقل بريقاً عن نجم سلسلة اللآلىء ، ولكن درجة حرارة سطحها تكاد تعادل ضعفى درجة حرارة سطحه ، ويدل تحليل طيفها على وجود طبقة كرية ملونة ضخمة لامعة ، وأن ما فى طيفها من الخطوط اللامعة يفوق كل ما فى طيف سطح النجم من خطوط ذرية .

وتدل البحوث التى أجريت باستخدام المطياف على أن سطح النجم يعاني

حركات عاتية ، تتمخض عن رذاذ من الذرات تندفع بسرعة فائقة تبلغ عدة ألوف من الأميال في الثانية . وتندفق المادة من سطح النجم أو إليه بكميات هائلة ، وبسرعة عظيمة .

ولا شك عندنا في أن بعض الذرات التي تقع بيننا وبين هذا النجم تندفع من سطحه صعدا . ولكن إذا استعدنا ما ذكرناه عن حركات التواءات الشمسية ، إتضح لنا أن من المحتمل أن الذرات لا تندفع صعدا فحسب ، ولكنها تتساقط نزلا كذلك .

وهذا النجم هو مثل من أمثلة تلك المجموعة النجمية الصغيرة التي يطلق عليها اسم نجوم وولف — رايت ^(١) .

والظاهر أن هذا النجم يعاني ما يشبه سكرات الموت ، فقد حانت ساعة نهايته ، حتى أن نجما مثل راعي الجوزاء — ومستقبله محدود — يقدر له أن يعيش مدة أطول من المدة المقدره لهذا النجم ، دون أن يعاني تغيرات حاسمة .

النجوم القزمية

جميع النجوم اللامعة في كوكبة الجبار والنجوم الكلاب ألمع من الشمس بمراحل . ولكن هؤلاء الممثلين ، الذين نقشت أسماؤهم بحروف من نور ، ليسوا إلا أقلية ضئيلة . أما الأغلبية الساحقة من النجوم التي تغطي وجه الكوكبة ، والتي تكون السواد الأعظم من شعوب السماء ، فمكونة من نجوم باهتة لا تكاد تبين .

فالنجوم التي تشبه الشعري الشامية أشبع من النجوم التي تشبه الشعري

(١) سميت هذه المجموعة باسم الفلكيين وولف Wolf ورايت Rayet اللذين كانا أول من درسهما .

اليائية ، والنجوم التي تشبه الشمس أشيع من النجوم التي تشبه الشعري الشامية ، ولكن الغالبية العظمى من النجوم تقع في مرتبة أوطى من كل هؤلاء . فالسواد الأعظم من النجوم أصغر حجما ، وأخفت ضوءا ، وأبرد ، وأقل كتلة من الشمس (شكل ٢) .

وهذه النجوم تكون ما يسمى بسلسلة التابع الرئيسي . وقليل ما يمكن مشاهدته من خصائصها ، ولكنها على وجه العموم تشبه الشمس فيما يعتمدها من تغيرات طبقية .

فمن ذلك ما تعانيه من تبقع متقطع وما لها من طبقة كرية ضوئية ملونة . كما أن لها هالة ولكن يصعب إدراكها لخفوت ضوئها إذا قورن بالضوء الكلي للنجم .

وأما النجوم الأخفت ضوءا فلا يلاحظ عليها من الظواهر التي تصلها بالشمس غير ظاهرة مفردة تلك هي الألسنة الضوئية . فأحيانا نشاهد على سطحها تفجرات ضوئية كذلك التي تحدث في الشمس . وهذه التفجرات حين تفتاب نجما يبلغ لمعانه عشر لمعان الشمس قد ترتفع بالضوء الكلي للنجم حتى يبلغ إلى الضعف .

وقد تمكن الباحثون حديثا من مشاهدة أمثال تلك الألسنة على كثير من النجوم البائدة الخفوت والشديدة البرودة . وكان هذا دليلا على أن القوى التي تعمل في جوف الشمس لا تزال تمارس نشاطها .

وحق في مثل هذه النجوم ، فإن أصغر النجوم وأشدّها خفوتا — باستثناء النجوم التي تنتمي إلى مجموعة الأقزام البيض — ليبلغ قطرها عشر قطر الشمس ، ولها من الكتلة خمس كتلتها ، ودرجة حرارة سطحها تقل قليلا عن نصف درجة حرارة سطح الشمس ، وأما لمعانها فلا يكاد يبلغ جزءا من عشرة آلاف جزء من لمعان الشمس .

وإذا كانت هذه النجوم — كما نعتقد — تخضع للقوانين التي تربط الكتلة والإشعاع ، وكانت تستمد الطاقة مما تحتويه من أيديروجين ، فإنه يرجى لها عمر أطول بكثير مما ينتظر للشمس من عمر .

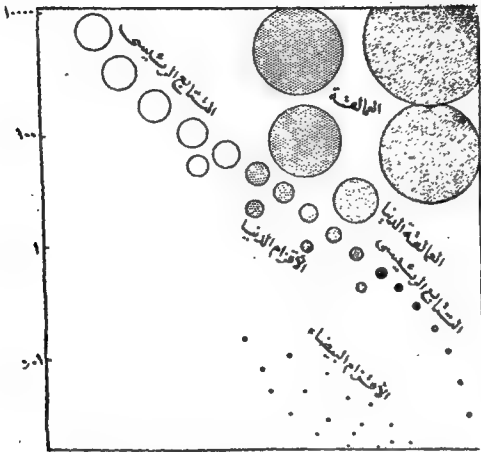
وإن أمثال هذه النجوم لتكون معظم الشعوب النجمية المجاورة لنا وعليها يقع العبء الأكبر في تسجيل تلك القصة التي نسجناها عن نشأة النجوم وتطورها .

ولأنها تمنحني حياتها بطريقة رتيبة . فلا يختلف لمعانها إلا في أحيان قليلة حين تنفجر على سطحها الأليسة . وقد لا يجد الدارس متعة في دراستها مالم تكن مكونة لإحدى المزدوجات .

ولكننا نستخلص من هذه النجوم حقائق تتصل بتطور النجوم أكثر مما نستخلصه من تلك النجوم القليلة التي تستأثر إنباهنا بما لها من تالقي شديد .

والدوران البطيء الذي تدوره الشمس لم يكن كافياً ليحدث لها تشوها ملحوظاً . أما النجوم اللامعة في كوكبة الجبار لها شأن يختلف عن ذلك . فكثير منها ، أو ربما أغلبها ، يدور دورانا سريعاً . ومن أمثلتها نجم لامع ذو درجة حرارة مرتفعة هو « تاج الجوزاء » . وهو يدور بسرعة عظيمة كانت سبباً في تشويه شكله الكروي . ولم يقتصر هذا التشويه على تحويله إلى شبه كرة مفرطحة عند القطبين كما حدث للنسبار المشتري ، بل تجاوز هذا الحد حتى أصبح ذا سطح إهليجي ذي ثلاثة محاور متباينة .

وهو يواجهنا أثناء دورانه بجانبه الأكبر ثم الاصغر على التعاقب فيختلف لذلك إلماعه في انتظامه لاسبب النبض كما تفعل القيفاويات بل بسبب اختلاف جانبيه اللذين يواجهنا بهما على التعاقب .



(شكل ٢)

النجوم النموذجية ، مرتبة بحيث يظهر ألمعها في قمة الشكل ، وأبردها إلى اليمين . ويقين في هذا الشكل أمثلة نموذجية لمجموعات النجوم المختلفة التي تحدث عنها في صفحات هذا الكتاب . وقد اتخذنا مقياس الرسم التقليدي في بيان نسب أحجام النجوم بعضها إلى بعض . فأكثر هذه النجوم حجماً تبلغ حجم أصغرها ألف مرة . وتمثل هذه الدوائر فكرة عن توزيع الحجم بالنسبة إلى اللعان ودرجة الحرارة . وتشير الأرقام التي إلى اليسار إلى لعان النجوم الواقعة على الخط الأفقي المار بهذه الأرقام ، والوحدة التي يقاس بها لعان النجم هو لعان الشمس . (يعرف هذا الشكل باسم خريطة راسل Russell)

ومعظم النجوم الالامعة ذات الحرارة المرتفعة تسرع في دورانها . وقد لا يكون من باب المصادفة أن يدخل معظمها في تكوين مزدوجات توأمية يدور أحدهما حول الآخر أثناء دورانه حول نفسه .

وكثيراً ما يتلازم دوران النجم حول نفسه مع كونه شريكاً في مزدوج
توأماً حتى أنه ليرجح أن أحدهما سبب للآخر . والواقع أنهما من العوامل
الهامة في تكوين النجوم .

وعلى العكس من ذلك فليس هناك تدرج في سرعة الدوران بين نجوم
تشبه نجم سلسلة اللآلئ وأخرى تشبه الشمس .

وكل النجوم ذات الحرارة المرتفعة تميل إلى الإسراع في دورانها . وهناك
فرق شاسع بين متوسط سرعة النجوم التي تشبه الشمري اليمانية وبين تلك
التي تشبه الشمري الشامية .

ومما يستحق الذكر أن الشمس أبطى في هذه السلسلة عن الشمري
الشامية (شكل ٢) . والنجوم الأبطى من ذلك - كالأقزام الحمراء الصغيرة -
تبطئ في دورانها كثيراً لأنها إذا لم تفعل ذلك فإن الدوران السريع يطمس
من خطوط طيفها . وهذا يتنافى مع ما وجد فيها من خطوط رفيعة ذات حدود
واضحة .

ولنتذكر ما يبدو في المجموعة الشمسية من أمر عجيب . فليس للشمس
إلا قدر ضئيل من الطاقة الدورانية إذا قورن بما للمجموعة كلها من طاقة
دورانية .

فلا بد لآى نظرية تتعرض لموضوع تطور المجموعة الشمسية أن تدخل
في حسابها الطريقة التي تخلصت الشمس بها من طاقتها الدورانية التي كانت
موجودة في المجموعة الشمسية عند منشئها .

ولما كانت النجوم الصغيرة المنخفضة الحرارة بطيئة في دورانها ؛ فإن
الحقيقة السابقة ليست قاصرة على الشمس وحدها . فإذا كانت مثل هذه
لنجوم قد بدأت حياتها كنجوم أكبر لماماً وأشد حرارة وأسرع دورانا

فلا بد أنها قد تخلصت من طاقة الدوران التي كانت بها ، ومن المحتمل أن تكون قد تخلصت من طاقة دورانها سواء كان يتبعها مجموعة من السيارات أو لا يتبعها .

المتغيرات في السديم الكبير

يتناثر عدد ضخم من النجوم على وجه كوكبة الجبار ؛ وكلها تقع دون الشمس في سلسلة التابع الرئيسي وتكون الأغلبية الساحقة من الشعب النجمي .

وفي السديم من قلب الكوكبة ، توجد مجموعة كثيفة من النجوم تعادل الشمس في خفتها أو هي أخفت . وتقع هذه النجوم في داخل السديم الأعظم (انظر اللوحة رقم ٧) ، وهذه المنطقة أكثر إزدحاما بالنجوم من أى منطقة أخرى . وقد دل الفحص الدقيق على أن هذه النجوم مختلفة عن الشمس جد الاختلاف .

وأول ما يجابهنا في أمر هذه النجوم ، هو أن لمعانها يختلف بين الفينة والفينة بطريقة لا نظام فيها . وإنما تومض وتتألق بطريقة لا تسكاد تخضع لقاعدة ، فهي تختلف بذلك لاختلافا واسعا عن النجوم القيفاوية والمتغيرات الطويلة الأمد التي تتألق في دورات منظمة محدودة .

وقد أسفرت دراسات جرينستين Greenstein وستروف Struve لهذه النجوم على أن لها أطيافاً في منتهى الغرابة ، واكتشفا ما يؤيد وجود غازات متوهجة حولها ، وعلى الأخص بالقرب من النجوم الخافتة منها . والسواد الأعظم لهذه النجوم باردة كالشمس ، أو هي أبرد ، ولكن وجود غازات متوهجة يوحى بدرجات حرارة عالية جدا .

وأسخن النجوم في هذه المنطقة (وبالتالى ألمها) تنعدم فيها هذه الحالات .

المتوهجة . ومع ذلك فإن هناك عدداً قليلاً من النجوم الخافتة المحاطة بسحب متوهجة ، تتخذ لنفسها لون النجوم الحارة ..

وإذا تفحصنا هذه النجوم التي توجد في داخل السديم الأعظم من ناحية مظهرها ، لبدت لنا أبعد ما تكون عن صورة الشمس .

ولكننا لو تصورنا شمساً كشمسنا ، وأغدقنا عليها — بإسراف — طبقة كرية ضوئية ملونة غنية ، لربما استطعنا أن نكون صورة قريبة لآحد النجوم الأشد خفوتاً في هذه المجموعة .

ثم إذا تصورنا شمساً أخرى وقد ماجت فيها السنة الاله وهاجت واشتد نشاطها ، لربما تكون لنا منها ما يشبه صورة للنجوم الحارة الخافتة الشاذة في هذه المجموعة .

وأكبر الظن أن النجوم الحارة اللامعة في هذه المنطقة تبلغ من سخونة حدا يجعل الغازات التي تغبش سطحها تنفث بتأثير الإشعاعات السطحية ، ولقد كان من نتيجة ذلك أن انعدمت الحالات المتألقة منها .

وعدد النجوم المتغيرة الشاذة الموجودة في سديم كوكبة الجبار يبلغ عشرة أضعاف ما توقعه في منطقة نجمية متوسطة الكثافة . . . مما دعا العلماء إلى إقتراف أن السديم الذي تعيش في داخله هذه النجوم هو المادة الأولى التي منها تكونت النجوم بطريقة ما . ولعل عملية تكوّن النجوم لا تزال تجري في داخل هذا السديم ، وما السديم في واقع الأمر إلا تراب متفكك وغاز منتشر ، وكأنني بالسحب المتوهجة التي تحيط بها هي الذرات تلتئم وتتجمع وتتكاثر فإذا بها قد تحولت نجوماً سوية . . .

وهناك إقتراف آخر ، وهو أن هذه النجوم كان لها وجود مستقل ، ثم أنفدعت نحو هذه المنطقة الكثيفة الممتلئة بالتراب والغاز ، وأخذت تجذب

إليها الجزئيات المفككة ، وكلما أصابت منها شيئاً زاد وهجها واشتد لمعانها وكبرت كتلتها .

وبعبارة أخرى ، لعل منطقة سديم الجبار هو « المهد » الذى فيه نستطيع أن نشهد ميلاد النجوم ، أو لعله « المصح » الذى تجرى فيه أمام أبصارنا عملية تجديد شباب النجوم .

ولست بمجموعة النجوم فى كوكبة الجبار بدعا فى نوعها . فهناك فى منطقة تجاور منطقة الجبار ، كوكبة تسمى كوكبة الثور ، تحتوى على مجموعة تشابه تمام المشابهة لتلك المجموعة التى درسناها ، وقد درسها العلامة ا . ه . جوى
A. H. Joy

ويوجد فى هذه المجموعة من النجوم عدد يساوى ضعف متوسط عدد النجوم التى توجد فى منطقة تعادلها حجماً ، أو لعل فيها ثلاثة أضعاف ما كان يمكن أن نتوقع وجوده فيها .

وقد درس « ستروف » وأعوانه مجموعات أخرى مماثلة فى السحب المعتمدة الموجودة فى كوكبة العقرب وكوكبة الحواء وكوكبة الإكليل الجنوبية وغيرها من المناطق .

ويتوقع وجود أمثال هذه المجموعات فى جميع المناطق الكثيفة التى تنمو بالتراب المنحل والغاز المنتشر ، ويغلب على ظن الفلكى الروسى أمبارتسوميان أن مجرتنا تحتوى على عدة آلاف من هذه المجموعات .

وسواء أكانت هذه السدم تكشف أماناً عملية الميلاد الحقيقى للنجوم ، أم كانت تكشف لنا كيف تتجدد وتنمو وسط غذاء غنى وفير ، فإنها بلا شك تعرض أماناً مرحلة هامة من مراحل تطور النجوم

تنوع النجوم

تكشف لنا كوكبة الجبار وكوكبة الكلب أنواعا من النجوم متنوعة تنوعا يستجلب الخيرة والدهشة .

وقد إستعرضنا الملاحظ الظاهرية لهذه النجوم ، وتكلمنا عن أحجامها وأوزانها ودرجات حرارتها ، ورأينا أنها متفاوتة في الحجم ، فهي تبدأ من نجوم كالنجم العملاق « إبط الجوزاء » ، ثم ما تزال تندرج نزلا حتى تنتهى إلى نجم ضئيل كرفيق الشعرى اليمانية ، كما أنها متفاوتة في درجات الحرارة ، فهي تبدأ من النجوم الحارة في نجوم الرباعي ثم ما تزال تندرج نزلا حتى تصل إلى النجوم المتغيرة الباردة الطويلة الأمد .

وعلى إتساع مدى التنوع في هذه النجوم ، فهي تعتبر — إلى حد ما — متماثلة . فمعظم ما نعرفه من هذه النجوم ينخرط في سلسلة متصلة تندرج من النجوم المتألقة إلى النجوم الخافتة ؛ ومن النجوم الحارة إلى النجوم الباردة . ومن النجوم الثقيلة إلى النجوم الخفيفة ، ومن النجوم الكبيرة إلى النجوم الصغيرة .

ويطلق على هذه السلسلة عامة إسم سلسلة التتابع الرئيسى (شكل ٢) وألح نجوم التتابع الرئيس ألح من الشمس عشرة آلاف مرة ... وأخف هذه النجوم لا يزيد لمعانه على جزء من مليون من لمعان الشمس

أما أقطار نجوم التتابع الرئيسى ، فتأرجح من نجوم يبلغ قطر الواحد منها قدر قطر الشمس عشرين مرة ، وبين نجوم أخرى يبلغ قطر الواحد منها عشر قطر الشمس ...

أما درجات حرارة هذه النجوم ، فتفاوت بين نصف مليون درجة وبين

ألفي درجة... وأما أوزانها فتتضمن بين نجوم تفوق وزن الشمس أربعين مرة
وبين نجوم لا تزيد على عشر وزن الشمس .

والأغلبية الساحقة من النجوم المجاورة لنا — مثل سلسلة اللآلئ —
والشمعري اليمانية — والشمعري الشامية والشمس إلى غيرها مما يخطئه العد
من النجوم التي لم تذكر أسماءها — كلها منخرطة في سلسلة التابع الرئيسي .

وهناك طائفة أخرى من النجوم ، تناظر سلسلة التابع الرئيسي إلى حد ما ،
ولكن إذا قورن كل نجم منها بما يماثله من نجوم التابع الرئيسي من حيث درجة
الحرارة ، لوجد أنها أخفت ، وأصغر ، وربما كان أقل حجما من نظيره في سلسلة
التابع الرئيسي . ألا وهي النجوم الأقزام الدنيا .

وفي نفس الوقت توجد طائفة أخرى من النجوم ، تسمى العمالقة الدنيا ،
وهي نجوم إذا قورنت بمثيلاتها من حيث درجات الحرارة ، لوجد أنها
أكبر حجما وأقل كثافة من نظائرها في سلسلة التابع .

أما النجوم العمالقة ، التي يكاد لمعانها يفوق لمعان الشمس مائة مرة ، فهي
نجوم باردة ، أو هي أقرب ما تكون إلى الباردة ، ومن أمثلتها نجم « السماك
الرامي » ، ونجم « عين الثور » ، وحجمهما يفوق حجم الشمس كثيرا ، وكثافتهما
دون كثافة الشمس بنفس النسبة

أما العمالقة العليا — أمثال نجم « راعي الجوزاء » ونجم « إبط الجوزاء » —
فهي أشد لمعانا من النجوم العمالقة .

وأخيرا نختم عرضنا لأنواع النجوم باستعراض الأنواع البيضاء ،
أو النجوم المنهارة المفلسة وهي نجوم صغيرة الحجم جدا ، متوسطة
الكتلة ، ولكن كثافتها كبيرة كبرا يفوق الحد .

وهي تكون مجموعة كبيرة العدد ، تكاد تنعزل عن سائر النجوم الأخرى

بخصائصها التي تنفرد بها ، فهي تختلفها من حيث تركيبها ، وتختلفها من ناحية أخرى أشد أهمية وأبلغ دلالة ؛ هي طريقة « غذائها » .

ولكل نوع من هذه النجوم دور يلعبه في قصة المجتمعات النجمية التي يزدهم بها مسرح الكون ، وقد فرغنا حتى الآن من عرض صور الشخصيات ... وفي فصل آخر سنعرض لدراسة « المواقف » التي توجد فيها هذه الشخصيات ، وسنعرض لدراسة صلات هذه الشخصيات بعضها ببعض ، والأدوار التي وكل إليها أدائها .

إن النجوم اللامعة — حارة كانت أم باردة — قد طغت على المنظر ولم تدع لغيرها فرصة الظهور ... ولكن الواقع أن هذه النجوم اللامعة هي الأقلية من حيث العدد ، حتى أنها لا تكاد تعد شيئا مذكورا إذا قورنت بالغواص والدماء ..

إن بريقها يخطف أبصارنا ، برغم ما بيننا وبينها من أبعاد شاسعة . ولكي نستطيع أن نكون فكرة عن عظم المسافات التي تفصلنا عن هذه النجوم اللامعات ، نذكر أن الشمس لو قدر لها أن تبعد عنا حتى يكون ما بيننا وبينها مساويا ما بيننا وبين هذه النجوم ، لغدت نجما تافها خفيا لا يلفت أنظارنا ولا يثير إقبالنا .

ولو قدر لنا أن نحشد النجوم المحيطة بنا في صعيد واحد لنلتقط لها صورة جامعة ، للاحظنا أن النجوم الأخفت ضوءا هي الأغلبية الساحقة ، بل لتبدت لنا حقيقة أعجب وأدهش ، هي أن معظم الضوء الصادر من النجوم إنما ينبعث من تلك النجوم الخافتة الباهتة .

إن نجما كنجم راعي الجوزاء يفوق لمعان الشمس عشرة آلاف مرة ..

ولكن عدد النجوم التي من طراز الشمس يفوق عدد النجوم التي من طراز راعي الجوزاء عشرة آلاف مرة على الأقل .

فمظم الضوء الذي يملأ الفراغ النجمي إنما يصدر عن النجوم الخافتة ، الخفية ، لا عن النجوم اللامعة التي تسطر على المنظر ولا تكاد تسمح لغيرها بالظهور على المسرح .

ولم تنته بعد من سرد جميع عجائب هذه الطائفة من النجوم التي تبدو لنا خافتة ضئيلة هزيلة ، والتي بلغت من تفوقها العددي الكاسح أنها تحتوى على النصيب الأكبر من المادة المكونة للنجوم ...

وسنرى في الفصل الآتي أن جزءا كبيرا من مادة الكون — على الأقل في هذه المنطقة من الكون التي نعيش فيها — لا يدخل في تركيب النجوم ... ولكنه يفتشر بينها مكونا سحباً وأتربة وذرات ...

فإلى الفصل التالي . . . لنحيطك علما بعجائب هذه السحب . . .
والأتربة . . . والذرات .

الفصل الثاني

التراب والذرات

تتحرك الشمس في سرعة عبر الفضاء . وللنجوم أو الشمس — كبيرها وصغيرها — حركاتها كذلك . فكأنتا سفر محمولون سباحا في ذلك التيار النجمي الضخم ...

ومعظم النجوم الدانية منا تسلك نفس السبيل الذي نساكنه ، وتتحرك في نطاق دائري يقع في داخل الطريق اللبني ...

على أن السرعة التي تتحرك بها الشمس في مسارها أكبر قليلا من متوسط سرعة تلك النجوم الدانية ، فتباغ سرعتها داخل هذا التيار حوالي ١٢ ميلا في الثانية .

ولكن السرعة الحقيقية للشمس أكبر من هذا بكثير ، فتوسط سرعة التيار نفسه في هذه المنطقة من الكون التي ننتهي إليها يبلغ نحو ١٢٥ ميلا في الثانية ، أي ما يزيد سبعة آلاف مرة على سرعة مركبة تقطع ميلا في كل دقيقة .

ولا تلتزم جميع النجوم هذا المسار الدائري . فبعضها النجمية زائفة بالنجوم المتسككة — إذا صح هذا التعبير — التي تخط لنفسها اتجاهات مختلفة .

والواقع أن أمثال هذه النجوم تكثر في المناطق المنطرفة من مجموعتنا فهي أكبر عددا من تلك التي تلتزم في حركتها المسار الدائري .

وكما تختلف هاتان الفئتان من النجوم من حيث المسارات التي تخطها ،
(٥ - نجوم)

تختلفان كذلك من حيث الخصائص التي تميزها .
« ولوائح المرور » التي تتحكم في حركات النجوم في هذا الفضاء الكوني لها أهميتها القصوى في دراسة تاريخ النجوم — وهو ما ستراه فيما بعد إن شاء الله .

ولقد يبدو لنا لأول وهلة أن المنطقة التي نعيش فيها من هذا المر الكوني شديدة الازدحام وهذا وهم فالواقع أننا لانستطيع أن نرى من نجوم مجموعتنا إلا ما كان قريباً منا . أما نجوم تلك المجموعة البعيدة عن مرنا فغريبة عن نطاق بصرنا ولكننا نستطيع بسهولة أن نرقب مجموعات نجمية أخرى ، تفصلنا عنا مسافات شاسعة من الفراغ أبعد بكثير من المسافة التي تفصلنا عن الجانب الأقصى من مجموعتنا الذي نمر عن رؤيته .

والسبب في ذلك أننا نسبح في ضباب من دخان و تراب ، يملأ الفراغ بين النجوم ، وكثافة هذا الضباب تشتد في هذا « الزقاق » الذي نعيش فيه ، ولكنه سرعان ما يشف إذا ما تجاوزنا الطريق الملبى .

وفي وسعنا أن نرى خلال الضباب بعض زميلاتنا النجوم السابحات في هذا المسار الدائري ولكننا لآرى منها إلا ما كان قريباً كافياً . أما النجوم التي تتحرك فوق المسار أو تحته — فالحركة في الممرات الكونية ذات ثلاثة أبعاد — فيمكن رؤيتها في سهولة ، حتى ولو كانت بعيدة منا .

وليست مجموعة النجوم التي تتحرك فيها شمسنا إلا واحدة من بلايين المجموعات النجمية المنتشرة في الفضاء . وهي في شكلها أشبه بفطيرة ضخمة متفخة عند الوسط ، أو لعلها أقرب ما تكون إلى شكل فطيرة مكونة من طبقات رقيقة محشوة عند الوسط فتبدو المجموعة وقد تكاثف فيها التراب

والدخان ، ويتحرك في نطاقها تبار دائرى وتكثر النجوم قرب السطح المركزى لها ، ولكنها تقل فوقه وتحتة . والأقرب إلى الظن أن هذا الحشو النجمى ، لا يمتد عبر مركز الفطيرة ، ولكنه يتدفق صوب الحواف . وللمجموعات النجمية الأخرى التى يموج بها الفضاء أشكال أخرى ، فبعضها خال من الحشو تماما ، وبعضها كثيف الحشو ، وبعضها تكون الطبقة المركزية فيه غير منتظمة التوزيع . وبعضها يكون التوزيع فيها رائع التجانس ، بينما يكون الحشو في بعضها مهشما مشوها .

وسنرى فيما بعد كيف أن لوجود الحشو المركزى علاقة وثيقة بأشكال المجموعات النجمية وطبيعة النجوم التى تكون هذه المجموعات . فالتراب والغاز النجميان عاملان من أقوى العوامل التى لها أثرها في تطور النجوم .

التراب النجمى

إذا تأملنا حواف مجموعتنا النجمية المسطحة نرى شريطا مغبشا من الضوء — وهو ما نطلق عليه اسم « الطريق اللبنى » — وهو ضوء صادر من عدد لا يحصى من النجوم الخافتة القصية التى تمتد إلى نجوم مجرتنا (اللوحة ٤) . ولا يبدو الطريق اللبنى كشريط متصل من الضوء ، بل تبدو فيه شقوق ضخمة كما تمكسر صفاءه سحب معتمة في بعض أجزائه ، فهناك عروق من المواد الداكنة كأنها الجداول ، وهى دلائل على وجود لطح الضباب الذى ينتشر فيما بين النجوم . وفى الوسع أن نرى فى سهولة لطح المادة الداكنة ، وقد تجلى منها ما يشبه زكية الفحم وهى تقع تحت كنف كوكبة الصليب الجنوبي ، والمناطق المجاورة لهذه الكوكبة مغطاة بجداول من الضباب النجمى ... تشبه العروق المعتمة التى توجد فى كل أنحاء الطريق اللبنى ، حيث تشتد « حركة المرور » بين النجوم .

ولا يمكن إعتبار تلك العروق المظلمة أزقة خالية من النجوم ، وهو زعم قد يبدو ممكنا إذا كانت المجموعة النجمية صغيرة ، إلا أنه لا يستقيم مع المنطق إذا أدركنا مدى ضخامة هذه المجموعة . فوجود تلك الأزقة الفارغة التي تشمل أنفاقا ضخمة مستقيمة خالية من النجوم يعتبر فكرة خيالية غير محتملة إذا علمنا أن تلك الأزقة جميعا تتجه مباشرة صوب مواقعنا .

أما اليوم فنحن نتصورها كطبقة مليئة بالضباب المنقطع الأغشى الذى يمتد عبر الطريق اللبنى حيث ترى أكوام التراب النجمى الكبيرة القريبة كما تظهر عقد لا عددها من المادة التى تبدو معتمة لوقوعها أمام سطح لامع كسديم قريب منا مثلا .

أما الجزء البعيد ، فإن تراكم المناطق المغشاة أمامه ، سواء أكانت كبيرة أم صغيرة ، يجعله معتما . ولاريب أن هناك رقعا كثيرة يبلغ من دقتها إلى حد أن يتعذر علينا رؤية تفاصيلها واضحة ، حتى ولو كانت على مسافة قريبة منا . وأغلب الظن أن هذه اللطخ الصغيرة أكبر عددا من اللطخ الكبيرة .

وفى مبدأ الأمر لم يكن يعرف لسحب الغبار النجمى غير أثرها المعوق للرؤية ، فقد كانت تقف حائلا فى طريق محاولات العلماء عمل إحصاء للنجوم . لأن الرؤية كانت متعذرة خلال هذا الضباب الكثيف المنقطع . وكان من الصعب أن ندخل فى إعتبارنا ذلك الضباب فى عمل إحصاء النجوم . إذ أن ضوء النجم يخبئ إذا وقع خلف سحب كثيف ، ويلوح كما لو كان أبعد مما هو فى الحقيقة .

هذا إلى أن التأثير المتراكم لقطع السحاب الصغيرة العديدة من شأنه أن يؤدى إلى جعل النجوم تبدو وكأن عددها يتضاءل سريعا فى جميع الاتجاهات

وخصوصا عند حواف مجموعتنا المسطحة ، حيث تبلغ كثافة السحب أقصاها وهذا هو السر في أن للمناطق المجاورة لنا تبدو وكأنها مزدحة إلى درجة غير عادية ، على الرغم من أن بعض المناطق الأخرى في الطبقة المركزية أكثف إلى حد بعيد . ولكن هذه الحقيقة لم يدركها العلماء إلا بعد محاولات مضنية في دراسة توزيع الغبار والغمام .

ولقد كان الهدف الرئيسي من دراسة الغبار النجمي ، هو العمل على محو ما يترك من آثار معوقة للرؤية في مجموعتنا النجمية ، ولكن ما لبث العلماء أن أدركوا ماله من أهمية ذاتية إستمرت أظفارهم منذ عهد غير بعيد .

ولقد أسفرت بحوثهم في هذا السبيل عن نتائج جد عجيبة ، منها أن المواد الموجودة بين النجوم في مجرتنا تبلغ كتلتها قدر كتلة النجوم نفسها ! فالغمام والنجوم يكونان مجموعة كبيرة ، وهما في تجاوبهما وتفاعلهما يتحكان معا في تطور المجموعة ، فكما تتحكم الألحان الموسيقية في حركات الراقصات ، تقوم النجوم بدور الراقصات ويقوم الغمام بتوقيع الألحان المنظمة للرقصة .

وتدرس النجوم بالضوء الذي تشعه ، أما الغبار النجمي فيدرس بما يخفيه . وقد نكون محقين إذا توقعنا أن خصائصه تعصى على التحليل ، ولكننا مع ذلك قد عرفنا عنه كثيرا من الحقائق المذهلة كحجم جزيئاته ، وتركيبها ، وتوزيعها ، بل لقد عرفنا أيضا الإتجاه الذي تتخذه في الفضاء !

وحينما درست النجوم التي أمكن رصدها خلال الغمام دراسة دقيقة ، تجلت حقيقة عجيبة ، فقد وجد أن ضوءها لا يخفت فحسب ، ولكنه يحمر ، شأن الشمس حين تغرب في سماء قاتمة .

والمعروف أن لون النجم يتوقف على درجة حرارته ، وقد تبين لنا من

قبل أن الشمس — التي تبلغ أقصى درجات تألقها في اللون الأصفر — تبلغ درجة حرارة سطحها ٦٠٠٠ درجة .

ولكن هناك طريقة أخرى لتعيين درجة حرارة النجم ، فالخطوط الذرية في طيفها تكشف لنا عن درجة حرارة سطحها ، ودراسة هذه الخطوط أكدت لنا — مرة أخرى — أن درجة حرارة سطح الشمس تبلغ حوالي ٦٠٠٠ درجة .

فإذا أتبع لنا أن ندرس طيف نجم ما ، ففي وسعنا أن نعين درجة حرارته ، وقد أمكننا بهذا أن نستنبط أن النجوم التي نراها من خلال السحب المعتمة تبدو أشد إحمرارا مما نتوقعه لها من دراسة طيف الذرات السابحة في أجوائها ، فاللون النجوم التي ترى خلال الغمام تدل على درجة حرارة أقل مما تدل عليه دراسة أطيافها . ويصل الفرق في بعض الحالات إلى درجة مذهلة . فقد تدل دراسة طيف نجم من النجوم على أن درجة حرارة سطحه ٣٠.٠٠٠ درجة ، بينما يوحى لونه بدرجة حرارة لا تتجاوز ٤٠٠٠ درجة .

وقد استغرق تنسيق المعلومات ، في موضوع خفوت ضوء النجوم ، وإحمرارها سنين عديدة ، واستدعى حسابات غاية في الدقة . ولكنه لم يصل حتى اليوم إلى حد الكمال .

على أن هذه المباحث قد أسفرت عن نتيجتين هامتين :

أولاهما : أن كمية الإحمرار تتناسب طرديا مع مقدار إمتصاص الضوء ..

وأخرها : أن هذه العلاقة تكاد تكون واحدة في جميع الإتجاهات .

فأما النتيجة الأولى فزودنا بأمثل طريقة عرفت حتى الآن لحساب مقدار

تأثير مواد الفضاء في إخفات ضوء النجوم البعيدة ، وبالتالي التوصل إلى إيجاد بعدها الحقيقي عنا .

وأما النتيجة الأخرى ، فقد إستطعنا على ضوءها أن نستنبط أن العوامل التي تؤثر في عمليتي الإمتصاص والإحمرار متشابهة تقريبا في كل أجزاء المجرة .

وقد إستطعنا أن ندرك أن السبب في إحمرار ضوء النجوم البعيدة بتأثير الغمام الذي يعترض ما بيننا وبينها ، يرجع إلى تشتت هذا الضوء ، وأن هذا التشتت يزداد كلما كان الضوء أدنى إلى الزرقة .

وبعبارة أخرى ، كلما كان الضوء أدنى إلى الحمرة ، قل تشتته ، ومن ثمة زادت الكمية التي تستطيع أن تنفذ من خلال الغمام .

ولهذا ، تبدو الشمس حمراء إذا غربت في جو أغبر ، ذلك أن الضوء ينفرق طبقات تشتت كثافتها كلما أقربت الشمس من الأفق .

والضوء الأصفر أشد نفاذا في الغمام من الضوء الأزرق ، والضوء الأحمر أشد منهما .

وأما الضوء الأحمر الذي يتجاوز الحد الذي يمكن للعين إدراكه ، فيفوقها جميعا في القدرة على النفاذ خلال الغمام .

ومن ذلك يلج أن تلبس النجوم البعيدة عن طريق ضوءها تحت الأحمر أنجح من فحصها عن طريق اللون الأزرق المنبعث منها .

فالألواح الفوتوغرافية الحساسة للضوء تحت الأحمر ، والأجهزة التي تكشف مباشرة عن الأشعة تحت الحمراء ، هي الطريقة المثلى لدراسة الحشوة المعتم ، وهي تفضل الألواح العادية أو العين المجردة .

على أن هناك ما يفضل هذه الطريقة ، وهو إستعمال الأمواج اللاسلكية ،
فقدرتها على النفاذ أكبر ، حتى أن المناطق المركزية لمجموعتنا النجمية — التي
تستعصى على وسائل التصوير العادية — يمكن أن تدرس في سهولة بطريقة
الأمواج اللاسلكية — وهو فرع حديث من فروع علم الفلك ، يوشك أن
يفتح على العلم آفاقا لاحدا لها .

وإذا وضعنا أمام نجم من النجوم أوقية من مادة صلبة ، لما أمكن رؤية
هذه المادة أصلا .

أما إذا سحقنا هذه المادة ، فإن في وسعها في هذه الحالة أن تمتص كمية
كبيرة من الضوء ، ومن ثمة يمكن رؤيتها . وتتوقف قدرة المادة على إحتجاز
الأشعة إلى حد ما على نوع المادة (أى على ما إذا كانت معدنية أو غير
معدنية) ، وإلى حد كبير جدا على حجم دقائق هذه المادة .

فثلا ، تمتص الكتلة المادية التي تتركب من جبات غير معدنية نصف قطر
كل منها ١٤.٠٠٠.٠ سم ، عشرة آلاف مرة قدر ما تمتصه نفس الكتلة إذا
كانت مقسمة إلى جبات نصف قطر منها ٤٤.٠ سم وموزعة على نفس
المساحة .

وتزداد — تحت نفس الظروف — قوة الامتصاص إلى أربعة أضعاف
ذلك إذا كان نصف قطر كل من هذه الجبات ٤٤.٠٠٠.٠ سم .

وأما إذا كانت الجبات معدنية ، فإن أكبر قوة يمكن أن تصل إليها قدرتها
على الإمتصاص لا تتجاوز ثلث قدرة الجبات غير المعدنية ، وهذه القدرة على
الإمتصاص لا تاتح إلا إذا كان حجم الجبات صغيرا ، بأن يكون نصف قطر

الحبة ٤٤٠٠٠٠٠ ر. سم^(١) .

وإذا استمرت عملية إنقسام المادة حتى تحللت إلى ذرات ، لأصبحت أقرب ما تكون إلى الشفافية التامة ، حتى لتكاد تنعدم قوة إمتصاصها للضوء .

ولا يحتمل أن تكون الجسيمات التي يتكون منها الضباب النجمى متساوية الحجم ، فإن كل أنواع الحجوم ممثلة فيه ، من الكتل الكبيرة إلى الجزيئات والذرات . وجميع هذه الجسيمات تمتص الضوء ولكن بنسب متفاوتة . وكما أن أكثر الأصوات ضجيجا هو أكثرها تأثيراً فى الاسماع فكذلك أشد هذه الجسيمات إستلفاً للنظر هى أقدرها على إمتصاص الضوء .

وبعيد عن الإحتيال أيضا أن تكون هذه الجسيمات كلها معدنية خالصة ، أو غير معدنية صرفة . على أن الذى لا شك فيه هو أن المعادن كالحديد أقل شيوعاً فى النجوم من الأيدروجين والكربون والأكسجين والنتروجين ، وأضرابها .

ومن المحتمل أن يحتوى الضباب النجمى على نسبة كبيرة من هذه العناصر ، وإذا كانت العلاقة بين الإمتصاص ولون الضوء توحى بأن هذه الجسيمات معدنية ، ففى وسعنا مع ذلك أن نحصل على علاقة مشابهة إذا اعتبرنا الجسيمات غير معدنية ولكن ذات حجم معين .

وهناك حقيقة أخرى تشير إلى وجود الحديد (أو معدن آخر ذى خواص

(١) هذه التقديرات التى قام بها جرنشتين لا تنطبق إلا على الحبات الكرية . وليس من الضرورى أن تكون حبات الفراغ النجمى كرية ، بل أكبر اظن أنها ليست كذلك .

مغناطية) كأحد مكونات جسيمات الفراغ النجمى . هذه الحقيقة هى ما لوحظ من إستقطاب الضوء ^(١) المشتت ، بطريقة تشعر بأن الجسيمات مصطفة فى الفراغ بنظام . فإذا كان مرد هذا الإصطفاف المنظم إلى المجالات المغناطية ، فلا بد أن لبعض الجسيمات — على الأقل — خواص مغناطية ، أما الجسيمات غير المعدنية فإن مغناطيتها طفيفة .

على أن شدة إنعكاس الضوء من جسيمات الفراغ النجمى أقوى بكثير من شدة إنعكاسه على الثلج . ولا يحدث هذا إلا للجسيمات غير المعدنية .

فالمحتمل أن تكون هذه الحبات أصلا غير معدنية ، وقد إنطمر فيها بعض الجسيمات المعدنية الصغيرة . ويدور حول هذا الموضوع جدل عنيف شائق هذه الأيام .

ذرات الفراغ النجمى .

يتكون الفراغ النجمى من جسيمات ذات أحجام مختلفة ، فمنها ماهو كبير على شكل حبات ، ومنها ماهو صغير على هيئة مسحوق ، أى تراب ، بل لقد تتضاءل عن هذا فتكون دقائق متناهية فى الصغر .

وتحوم حول الأجسام الصلبة ضباب من الجزيئات والذرات والكهارب ، وقد سبق أن لاحظنا أن الذرات والجزيئات لا تتجزئ كمية كبيرة من الضوء . والواقع أن السحب المكونة من هذه الذرات والجزيئات ، والتى توجد بين النجوم ، تبدو كأنها تامة الشفافية .

(١) الضوء العادى عبارة عن ذبذبة فى الفضاء فى جميع الإتجاهات ، أما الضوء المستقطب فيتذبذب فى إتجاه معين .

ولكن الذرات تحجز الضوء بطريقة خاصة . فقد سبق أن علمنا — حين كنا نحلل ضوء الشمس — أن كل ذرة تستطيع أن تحجز مجموعة معينة من الألوان ، حتى لتكون خاصة بتمايزها هذه الذرة ولا يشركها فيها غيرها من الذرات . والذرات التي تقع في الفراغ النجمي لا تشذ عن هذه القاعدة . فهي تسلب ضوء النجم المجموعة الخاصة بها من الألوان .

وشكنا نفسها ترى من خلال سحابة من الذرات — هي الذرات التي يتكون منها جو الأرض . وهذه الذرات تترك أثرها على ضوء الشمس فجزيئات الأوزون ، أى جزيئات الأكسجين الثلاثية ، بفضل مالها من خاصية الإمتصاص التي تمتاز بها ، تحتجز كل ما في أشعة الشمس من الضوء فوق البنفسجي حتى لا يكاد ينفذ منه شيء ، وحسنا تفعل هذه الجزيئات ، فلو لا إمتصاصها لهذا الضوء لحدثت لنا الأشعة فوق البنفسجية حروقا جلدية قاسية ... !

ويتكون جزيء الأكسجين من ذرتين تداخلت كهارجها بعضها في بعض فالتحتما ويمتص جزيء الأكسجين مجموعة معقدة من ضوء الشمس الأحمر وتحت الأحمر .

وتسلك مسلك جزيء الأكسجين جزيئات بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وسائر المركبات الكيميائية الأخرى التي يموج بها الجو .

وحين نرى الشمس عمودية خلال الجو ، أى عند ما تكون في سمت الرأس ، تكون عملية الإمتصاص أضعف منها حين تكون أدنى إلى الأفق ، ففي الحالة الأخيرة نرى الشمس خلال طبقة أسمك من الهواء ، فكلما زاد عدد الذرات التي تقع بينها وبين الشمس زادت كمية الضوء التي تمتصها تلك الذرات من الشمس .

ونحن نرى النجوم البعيدة خلال سحب من الذرات أيضا — تلك الذرات المتناثرة في الفضاء . وهناك عدة طرق يمكننا بها تمييز خطوط الطيف الصادرة من ذرات الفضاء عن خطوط طيف الذرات الموجودة في جو النجم نفسه .

خطوط ذرات الفضاء رفيعة ، بينما خطوط ذرات النجوم عريضة ، هذا إلى أنها في الحالة الأولى تصدر من ذرات ذات طاقة ضئيلة ، لأن مادة الفراغ النجمي باردة نسبيا إذا قورنت بمادة الغلاف النجمي . على أن أهم علامة يمكن بها التمييز بين هذين النوعين من الأطياف ، هي سرعة الذرات المكتونة لها .

والضوء الذى ينبع من الذرات المقبلة علينا تشتت ذرقته كلما إقترب منا — فالأمواج الضوئية تتجمع بعضها مع بعض في الفضاء ويقصر طول الأمواج فيبدو الضوء وقد إشتدت ذرقته .

أما إذا كانت الذرات مدبرة عنا ، فإن موجات الضوء يزداد تباعدها بعضها عن بعض ويزيد طول الموجة ، مما يؤدي إلى إحمراء الضوء .

والتغير الذى يحدث في الضوء الصادر من مصدر متحرك من حيث لونه وطول موجته يشبه تماما تغير حدة صوت الجرس أو صوت صفارة القطار المتحرك . فإذا كان القطار مدبرا لاح لمن يلاحظه وكأن الصوت يتداعى ، وإذا كان مصدر الصوت مقبلا ، فإن أمواج الصوت تتجمع بسبب تحركه مما يؤدي إلى إرتفاع حدة الصوت .

ويعرف تأثير تحرك المصدر الضوئي على لون الضوء وطول موجاته بإسم

« تأثير دوبلر ، الطيفى ويجب ألا نخلط هذه الظاهرة بظاهرة أخرى تختلف عنها إختلافا كبيرا ، ونعنى بها إحمرار تراب الفراغ النجمى الذى يحدث بإزالة الضوء الأزرق عن شريط الألوان المتصل الذى ينبعث منه سطح النجم . فتأثير دوبلر يغير أطوال موجات خطوط الإمتصاص فى الطيف ، ولكن لا يؤثر فى لون النجم ككل — تأثيرا ملحوظا .

ويقاس طول الموجة الضوئية فى خطوط الطيف بجهاز يسمى المطياف . وبمقارنة النتائج التى يحصل عليها ، بأطوال خطوط الموجات الصادرة عن نفس الذرة التى ليست فى حالة إقبال أو إدبار ويمكن الحصول على هذه التغيرات فى المعامل (- يمكن قياس سرعات الذرات البعيدة عنا ، سواء ما وجد منها فى الفراغ أو ما يوجد منها فى النجوم .

ولنفترض أننا راقبنا جو أحد النجوم ، وأتينا لإستطعنا أن نستنبط من أطوال الموجات التى تصدر عنه ، أنه مقبل علينا بسرعة ٥٠ ميلا فى الثانية ، ثم لاحظنا أن هناك خطأ أو خطين يخترقان الطيف ، ويبدو من فحصهما أنهما يرتدان عنا بسرعة ٣٠ ميلا فى الثانية ، فإن ذلك يدل على أن هذه الخطوط الشاذة ليست جزءا من ضوء النجم ، وفى هذه الحالة نستطيع أن نحسب أن هذه الخطوط صادرة عن الذرات المتناثرة فى الفضاء ، يتناوب بين النجم ، خصوصا إذا اثبت أنها ناتجة عن ذرات ذات طاقة ضئيلة .

وثمة شاهد قوى يؤيد هذه النظرية تأييدا تاما ، هو هذا الأزواج من النجوم التى تدور حول بعضها البعض فى مسارات خاصة ، وسنتحدث عنها فى الفصل التالى حديثا مستفيضا . فإذا كان مستوى مسار هذه النجوم يقع فى الإتجاه المناسب ، نشاهد أن هذه النجوم تقبل علينا ثم تدبر عنا بالتناوب ، ف يأخذ

حضورها في الإحمرار ثم في الزرقة بالتناوب أيضا، نتيجة لتأثير دوبلر. أما الضوء الصادر من ذرات الفضاء النجمي فلا يعاني مثل هذا التغير الدوري في طول الموجة، ومن ثمة كان من السهل تمييزه والتحقق منه، حتى لقد أصبح في الوسع رؤية الكالسيوم والصوديوم والحديد والتيتانيوم في الفضاء النجمي، بل لقد أمكن تمييز بعض المركبات الكيميائية المبسطة فيه.

على أن هناك خطوطا تعرض لنا في الفراغات النجمية، لا تزال سرا لم يكشف حتى الآن... ولا ندرى شيئا عن الذرات أو الجزيئات التي تنبعث عنها هذه الأطياف.

وكما إزداد بعد النجم عنا زادت ذرات الفضاء النجمي إمتصاصاً لضوئه، ومن ثم تزداد خطوط الفضاء النجمي شدة. ونلاحظ ذلك على الأخص في النجوم التي تقع في الطبقة المتربة المسارة بمركز مجموعتنا النجمية. وبدراسة شدة هذه الخطوط نتمكن من تقدير أبعاد النجوم. ولكن هذه الطريقة لا يمكن الإعتماد عليها، لأن ذرات الفراغ النجمي — شأن التراب والضباب — موزعة في رقع متناثرة.

وفي أطياف بعض النجوم البعيدة لا تظهر بعض خطوط من الضوء الذي تمتصه بعض ذرات الفضاء النجمي (مثل ذرات الكالسيوم التي فقدت أحد كهاريها) كخطوط مفردة، بل تظهر على شكل عدة خطوط. وليس من شك في أن كل هذه الخطوط صادرة عن ذرات متشابهة. وتكشف لنا هذه الظاهرة عن مجموعات عديدة من الذرات تتحرك بسرعات مختلفة.

ويرى آدامز Adams أن هذه النجوم ترى من خلال سحب عديدة مختلفة

من الذرات ، وأن هذه السحب تتحرك بالنسبة إلى بعضها البعض بسرعات تتراوح بين ١٠ ، ٢٠ يلا في الثانية وهكذا يتبين لنا وجود سحب كبيرة من الذرات تدور وتتقلب بشدة في الفضاء .

فالمناطق الشاسعة بين النجوم ليست فارغة ولا هادئة ، تحتوى على سحب من الذرات دائبة الحركة ورقع من التراب والضباب تمتلئ تلك الرياح النورية كما تمتلئ سحب جونا كتلا هوائية ضخمة غير مرئية .

السرم اللامعة

سبق أن بينا أن التراب والدخان والذرات الموجودة في الفضاء الواقع بين النجوم يمكن إدراك وجودها ودراستها بملاحظة قدرتها على احتجاز أضواء النجوم الواقعة خلفها وليست هذه هي الطريقة الوحيدة التي تنبئ عن وجود هذا التراب النجمي ، إذ أن بعضها يمكن مشاهدته مباشرة على صورة سدم لامعة (أنظر اللوحين ٥ ، ٧) وهى السحب المتوهجة التي يزدان بها طريق مجرتنا .

وهناك منظر مألوف يكثر شهوده في السماء وقت الشتاء : هو كوكبة الثور الذي يتقدم كوكبة الجبار وكوكبة الكلاب .

وكلنا يعرف الثريا وهى مجموعة متماسكة من النجوم المتألقة .

وكم من ليلة شهدت فيها الثريا .

تألق من خلال الظل الرقيق .

كأنما هى سرب من الجبابج، وقعت فى شرك جديلة من الفضة.

فالعين المجردة لا تشاهد غيره الجاحب ، (أى النجوم) وأما الجدائل الفضية فتكشف عنها الألواح الفوتوغرافية — وهذه الجدائل عبارة عن ضباب متألق يحيط بالعنقود الالامع .

وتشاهد النجوم وكأنها واقعة فى شراك شبكة من الجبال المضئئة تمتد إلى مسافات بعيدة فى الفضاء المحيط بهذه النجوم .

وما الغمام الالامع إلا سحب مكونة من جسيمات صغيرة تعكس ضوء الثريا فيبدو فى لمعانه وكأنه رقعة فسيحة من الثلج يسقط عليها الضوء ثم يرتد عنها دون أن يلحقه أدنى تغير .

فتألق السديم الذى يحيط بالثريانا شئ فى الواقع عن الإنعكاس . وتركيب هذه السحب معقد ، وهى أدق وأرق من أن تبلغها أقوى مناظيرنا . ومن هذا يتبين لنا كيف أن جسيمات الفضاء النجمى موزعة فى شكل خطوط ورقع .

وكثير من السدم المتألقة التى تزين الطريق اللبنى تشبه إلى حد كبير سديم الثريا .

ولكن كثير من سحب الفضاء النجمى لا تتألق بمجرد الإنعكاس ، فالسديم الكبير فى برج الجبار (لوحة ٧) ، الذى يلتف حول نجوم الرباعى يتألق بضوء مختلف تمام الاختلاف عن ضوء النجوم الساخنة التى توجد فى هذا السديم .

وتوهج هذه السدم الالامعة بألوان كثيرة . فأضواء خطوط الطيف التى تسمى بالخطوط السديمية — وهى الأحمر والأخضر والأزرق والبنفسجى — توهج بقوة أشد بكثير من توهج الايدروجين فى سديم الجبار . ولم يحدث أن عرفت المعامل هذه الألوان الطيفية ، ولذا فقد إقترض العلماء منذ مدة طويلة

أنها صادرة عن مادة لا توجد في الأرض ، ومن هذا أطلق عليها إسم « المادة السديمية » .

وقد سجل تاريخ علم الفلك كثير من هذه المواد الافتراضية ، ولكنها لم تصمد للزمن طويلا .

وظهرت المحاولة الأولى في ميدان هذه الإقتراضات ، حين حاول العلماء البحث في مصدر الضوء الأصفر الذى شوهد في التواءات الشمسية التى ظهرت حين رصدت الشمس وقت كسوفها عام ١٨٧٤ . فأطلق عليه نورمان لوكير Norman Lockyer على الفور إسم « الهليوم (أى عنصر الشمس) » . ولكن إتضح اليوم أن الهليوم عنصر مألوف على الأرض : بل هو فى الواقع يعتبر العنصر الثانى فى الكون من حيث الشبوع .

أما عنصر الكورونيوم ، الذى إفترض العلماء أنه مصدر الخطوط اللامعة فى هالة الشمس ، فقد إتضح فيما بعد أنه لا وجود له وأن هذه الخطوط العظيمة اللامعة ناتجة من ذرات معدنية مألوفة ، كالحديد ، والتيتل ، والكاسيوم .

وكذلك شأن المادة السديمية ... فأصلها مألوف ، والمواد التى تتكون منها معروفة فى مكونة من الأكسجين ، والنتروجين ، والهيدروجين ، ولكن تحت ظروف أبعد عن أن تكون ظروفًا مألوفة . ولقد سبق أن عرفنا أن لكل ذرة مجموعتها المميزة لها من الألوان التى تنفرد بها عن غيرها ، وبهذه الألوان فقط تستطيع أن تضىء كما أنها لا تستطيع أن تمتص من الضوء غير تلك الألوان . ومتى أمتصت الذرة ألوانها الخاصة بها ، فإنها تكون قد شحنت بطاقة ، ولكن للذرة ميلا طبيعيا يدفعها دفعا إلى إطلاق هذه الطاقة والتحلل منها مرة أخرى .

ولا تستطيع الذرة أن تطلق من الأضواء إلا ما كان داخلا في تركيب مجموعة ألوانها الطيفية؛ وتختلف سرعة إشعاع الذرة للألوان، فبعض الألوان ينطلق عنها تواترا، وبعضها يحتاج إلى زمن يطول أو يقصر باختلاف اللون.

وقد أصبح في وسعنا أن نحسب السرعة التي تطلق بها الذرة ألوانها المختلفة، وتبين لنا أن بعضها ينطلق في زمن لا يزيد على جزء من مليون جزء من الثانية، فيما يحتاج البعض الآخر إلى فترة أطول حتى ينبعث من الذرة، وهو يكون أخفت ضوءا ويكون صادرا عن عدد أقل من الذرات ولكل فصيلة من فصائل الذرات عدد عديد من الألوان المتمايزة إذا أن لكل من هذه الفصائل مجموعها الخاصة من الإلكترونات، وهذه الإلكترونات موزعة على شكل ضباب متشابك معقد حول النواة. فحين تشع الذرة الضوء، يضيع جانب من طاقة الضباب الإلكتروني وينطلق في شكل خفقة إشعاعية.

أما إذا امتصت الذرة الضوء، فإن الضباب الإلكتروني يلتقط طاقة الإشعاع، ويهيئ الضباب نفسه لإستيعابها ويتخذ توزيع الطاقة فيه شكلا آخر جديدا.

والأساس الذي بنى عليه فهمنا للطيف هو أن طاقات الإلكترونات المحيطة بالنواة لا تأخذ أى قيمة ولكن لها قيمة معينة محددة ولا تتغير الطاقة جأى قيمة ولكن بكميات معينة محددة. والتغيرات الممكنة حدودها تخضع لقواعد معقدة إلى درجة مذهلة. ومحاولات تحليل الألوان الناتجة أشبه ما يكون بمحاولة حل أحجية الكلمات المتقاطعة ولكن على نطاق واسع.

هذا وقد تبين لنا أن مجموعة الألوان التي يمكن أن تشعها الذرة لا تتوقف

على مجرد عدد الإلكترونات التي يحتويها الضباب المحيط بها ، ولكنها تتوقف أيضا على نظام توزيع طاقتها .

فإذا كان الضباب الإلكتروني للذرة متخا بالطاقة ، فيقال إن الذرة مهتاجة أو مثارة ، وإذا أنقلت بطاقة أكبر مما تستطيع أن تستوعبه ، وأدى ذلك إلى انفصال واحد أو أكثر من إلكتروناتها حاملا معه (أو حاملة معها) الطاقة الزائدة ، فيقال حينئذ أن الذرة متأينة .

والذرة المهتاجة لا بد أن تعيد تكييف ماحولها من ضباب الإلكترونات وهي تطلق طاقتها في مجموعة من الألوان تختلف عن المجموعة التي تطلقها الذرة غير المهتاجة .

أما الذرة المتأينة ، فهي ، من حيث طيفها ، تعتبر نوعا جديدا يختلف عن الذرة العادية إختلافا تاما .

وهذا يؤكد لنا ما سبق أن قلناه وهو أن الألوان التي تشعها الذرة لا تتوقف على كمية ما فيها من الإلكترونات فحسب ، ولكن على كيفية توزيع الطاقة بين هذه الإلكترونات .

ولقد سبق أن ذكرنا أن الخطوط التي تظهر في طيف السدم كان يعزى وجودها من قبل إلى مادة إفترض العلماء وجودها وأطلقوا عليها اسم « مادة السديم » ، ولكن منذ مدة لا تزيد على عشرين عاما ، أثبت العالم باون Bowen أنها ترجع في الأصل إلى ذرات من الأكسجين ، والنيتروجين ، فقدت واحدا أو اثنين من مجموعتها الإلكترونية ، أما بقية الضباب الإلكتروني فقد أصبح في حالة إحتياج لطيف ، أو هو في تلك الحالة التي يطلق عليها « الحالة القلقة » ، وهي الحالة التي يكون فيها إحتمال تفريغ طاقة الإحتياج طفيفا ، على أن الذي

يحدث هو أن تتطلق الطاقة فعلا ، ولكن بعد مرور الفترة المناسبة ، ويتألق السديم بألوانه المميزة .

ولكن ما هو السر في أن هذه الألوان لم يسبق رؤيتها على الأرض ، ولم تسجلها أطيف النجوم ؟ والجواب على ذلك هو أن الذرات الأرضية والنجمية « تتعرض » لنفس هذه التغيرات ، ولكن عدد الذرات التي تعاني هذه التغيرات فعلا زهيد جدا ، لأن احتمال التغير ضئيل للغاية . ومن ثمت أطلق على هذه الخطوط الطيفية إسم « الخطوط الحرام »

وهي تسمية غير موفقة ، لأن التغيرات ليست محرمة ، وإن تكن نادرة ، وأنه لمن الخطأ البين أن نفترض أن هناك ظاهرات طبيعية يمكن حدوثها في السدم ويستحيل في غيرها .

ونحن نرى الضوء الصادر من « الخطوط الحرام » في السدم بسبب ضخامة عدد الذرات في هذه السدم ، وعلى الرغم من أن التغير لا يلحق الذرة إلا على فترات شديدة التباعد ، فإن التأثير المتراكم الذي تحدثه ملايين الملايين من الذرات تكون من الكبر بحيث يسهل ملاحظته وتسجيله .

والمظنون أن الذرات في السدم اللامعة ، تجبر إجبارا على أن تكون في « الحالة القلقة » وذلك بسبب إرتطامها المستمر مع الإلكترونات التي تسبح في الفضاء .

إن الحالة السائدة في داخل السدم اللامعة لا يمكن أن يتصورها الخيال ، فكل سنتيمتر مكعب لا يحتوي على أكثر من ألف ذرة — فكثافتها تعادل جزءا من ١٠ آلاف مليون جزء . من كثافة الغاز في أنبوبة التفريغ المألوفة في المعامل .

وفي كل عشر سنوات ، في المتوسط ، يحدث أن يفصل الإلكترون من ذرته ، فيصبح مهياً لإثارة ذرة أخرى وردها إلى الحالة الحرجة . وتتحرك الإلكترونات حول الذرات بسرعة تبلغ حوالى ٦٠ ميلا في الثانية ، وتصطدم الإلكترونات بإحدى الذرات مرة كل عشر سنوات ، ويحدث أن تصطدم بحبة صلبة من حبات الفضاء النجمى — مرة كل مليون عام . ولولا ضخامة حجم السدم ، لما وسعنا ملاحظة إشعاعها . فسدیم الجبار يبلغ من الضخامة حدا كبيرا ، إذ يوجد مليون مليون ذرة في كل سنتيمتر مربع واحد من مساحته . وفي كل لحظة يعاني عدد كاف من هذه الذرات ، هذه التغيرات التي يطلق عليها اسم « التغيرات المحرمة » ، وينطلق نتيجة لذلك ضوء يسهل ملاحظته .

بل إن تحليلنا للضوء يمكننا من تعيين كثافة الإلكترونات نفسها . فحينما تكون الإلكترونات متباعدة يكون أغلب الضوء الذى يشعه السديم أخضر . وإذا زاد عدد الإلكترونات أخذ الضوء يميل نحو الزرقة .

ويلعب معظم السدم بلون أخضر . فسدیم الجبار مثلا يبدو للعين أخضر نوعا ما . مما يدل على أن كثافة الإلكترونات فيه ضئيلة . ولكن هناك سدما قليلة — قليلة جدا — يغلب على إشعاعها اللون الأزرق ، وهذه تكون كثافة الإلكترونات فيها عالية .

وسديم الجبار مثله كمثل كثير من سائر السدم العظمى التي توجد في مجموعتنا ، يبدو غير منتظم الشكل وقد أظهر التحليل الدقيق أن هذه السدم مهلهلة مقطعة وأنها تشبه سحباً بخلفة الأنواع .

والذرات اللامعة — شأنها شأن المادة الداكنة والسدم العاكسة — موزعة على شكل رفق عميقة ملتوية بفعل قوى لم نذكر كتبها تماما حتى الآن .

وبعض السدم اللامعة مثل السديم الحلقي في كوكبة السلياق (اللوحة ٨) أشد تماسكا وتمائلا من سديم الجبار، والسديم الحلقي نجم محوط بحلقة غازية تلمع بإشعاعات لها خواص إشعاعات السدم. وقد لوحظ أن الحلقات التي تحيط بهذه السدم، التي تسمى بالسدم الكوكبية^(١)، يبدو كما لو كانت منبعثة من النجوم المركزية، ولقد وجد أن هذه النجوم على درجات عالية من الحرارة. ويكاد يكون من المحقق أن الحلقة ناتجة عن قذائف إنفجارية من سطح النجم. ولبعض السدائم الكوكبية حلقتان متحدتا المركز، فكأنها قد عانت — لا انفجاراً واحداً — بل انفجارين متعاقبين، يفصل بينهما فترة من الزمن تبلغ مليون سنة أو تزيد. وترى كثير من هذه الحلقات في حالة عدم تماثل تبعدها عن الشكل الحلقي.

انفجارات السدم

إن المقذوفات الانفجارية التي تندلع من أسطح النجوم يمكن مشاهدتها على أوسع نطاق في تفجر هذا النوع من النجوم الذي يطلق عليه اسم «النجوم الجديدة». وليس في «النجم الجديد» من شيء جديد إلا أنه نجم يتفجر.... لا، بل إن «النجم الجديدة» ليست في واقع الأمر إلا نجوما معنة في القدم، تحاول أن تتخلص من وضع لا قبل لها بالصبر عليه، إذ تجد نفسها وقد عجزت تماما عن تحمل أسلوب الحياة الذي درجت عليه منذ القدم، ولكنها في محاولتها التخلص من هذا الوضع تتخذ لها أسلوباً عنيفاً.

(١) ليست هذه الأجسام — بطبيعة الحال — من الكواكب في شيء، وإنما سميت هكذا لأن كثيرا منها يتخذ شكل القرص.

وبعض هذه النجوم تنفجر في مواعيد منتظمة أو شبه منتظمة ، فتنفجر كل بضعة أسابيع . وهناك طائفة أخرى منها أعنف وأعنى ، ينتابها التفجر كل بضعة سنوات . أما « النجوم الجديدة » اللامعة — فإن إنفجارها لا يحدث إلا نادراً . فقد يمضي بين التفجر والتفجر بضعة آلاف ، وأحياناً بضعة ملايين من الأعوام .

أما أعنف تلك الانفجارات وأشدّها هولاً ، فهي إنفجارات النجوم « فوق الجديدة » تلك التي لا تحدث للنجم إلا مرة واحدة . فهي أقوى إنفجارات يمكن أن يشهدها البشر ، وكل هذه النجوم المتفجرة تقذف ببعض أجزائها في الفضاء ، وتختلف شدة القذف باختلاف قوة الانفجار . ويمكن تتبع حركات المادة التي يقذفها سطح النجم الجديد تتبعاً تفصيلياً بدراسة إشعاعاتها المميزة . ففي بضعة الساعات الأولى للإنفجار لا يعاني النجم سوى إنتفاخ يأخذ في التزايد في سرعة كبيرة وقد يبلغ معدل الإنتفاخ ٢٥٠٠ ميل في الثانية . . . ! وتزداد ضخامة سطح النجم شيئاً فشيئاً ، بينما يزداد تألقه وتبدو بشرة النجم في حالة تمدد مستمر وكأنها بالون ينتفخ . وجأةً يبلغ تألق النجم للذروة القصوى ، وتلوح البشرة وكأنها في حالة تمزق وإنفجار ، ويندفع من باطن النجم دفعات متلاحقة من المواد المتوهجة .

ويبدو النجم وكأنه شعة رومانية عملاقة . فكريات الغاز المتوهجة تندفع في كل جانب ، والسطح يتذبذب في عنف ، والأمواج تتدفق إلى السطح متدافعة متلاحقة والذرات تتناثر منطلقة في كل إتجاه ، وليست هذه الصورة سرحة من سرحات الخيال ، ففي وسعنا بدراسة الطيف ، أن نلتم بين تفاصيل أجزاء هذه الصورة التي عرضناها عليك بكل دقة ،

وتدل الشواهد على أن المواد المقدوفة تكون في مبدأ الأبر ذات كثافة عالية نوعا ما وبعد أن يتمزق السطح ، يشاهد ضوء ذرات متوهجة تحيط بجسم النجم ، مكونة طبقة كرية ملونة ضخمة حوله ، يمكن أن نطلق عليها اسم الغلاف النجمي .

ولكن تغيرا مفاجئا لا يلبث أن يحدث : فالغلاف النجمي يواصل تمدده في سرعة خيالية وتتضاءل الذرات ، وتقل الكثافة ، ويظهر ما يسمى « بالخطوط الطيفية الحرام » ، وأول ما يظهر منها تلك الخطوط التي تتلائم مع الكثافة العالية للإلكترونات ، وما يلبث الغلاف أن يتوهج وكأنه هالة ، ويزداد بادرقة الغازات تنوهج الكتلة المتمددة كالسديم .

وأخيراً يتوقف تناثر الذرات ، وتتضاءل الغازات متسربة إلى الفضاء ، ويهدم تألق الإشعاعات ، ويهبط وميض النجم الجديد مرتد إلى درجته الأولى .

إن منظر النجوم الجديدة رائع أخاذ ، ولكن معظمها ينطبق عليه المثل القائل « زوبعة في فئجان » وحال من يشاهدها كحال من يسمع جمجمة ولا يرى طحنا : وذلك أن الجزء من النجم الذي يتناثر نتيجة للإنفجار ، ليس إلا شظرا ضئيلا من كتلة النجم ، وتعد « الكارثة » — أي كان سببها — فلا تخلف في النجم أثرا ، مذكورا . ولا تعد « الكارثة » فاجعة حقا إلا في حالة النجوم فوق الجديدة ، فإن الجزء الأكبر من النجم يتحطم ويتناثر في الفضاء ، ولا يتخلف من النجم إلا شظية ضئيلة — هي عبارة عن نجم صغير — هو كل ما بقى من العملاق الذي تحطم إربا في الفضاء ..

وأهم ما يسترعى انتباهنا في تفجر الجديد ، من وجهة نظرنا الحالية ، هو أنه بعد أن يبلغ تمدد النجم الحد المناسب يصبح طيفه أشبه ما يكون بطيف

السديم الكوكبي، تماما كما يشبه طيف السديم الكوكبي طيف سديم الجبار. والواقع أن الذي نشاهده في حالة النجم الجديد ، هو منظر نجم في حالة تفجر ، أما في حالة السديم الكوكبي فالمعتقد أن غلافه المتوهج ليس إلا الأثر المتخلف عن هذا الانفجار. أما الغازات التي تنوهج في سديم الجبار ، فمعتقد — ونرجو ألا نكون قد جانبنا الصواب فيما نعتقد — أنها لم تكن بأى حال من الأحوال جزءا من النجم .

فكل المواد التي تقذفها النجوم فوق الجديدة ، أو السدم الكوكبية أو النجوم التي سبق ذكرها في الفصل السابق وقيل أنها تفقد غلافها الملونة بالتدريج ، كل هذا الطفح لا يمكن أن يكون المواد غير المتماصة التي نشاهدها متجمعة كثيفة في طريق النجوم .

فسديم الجبار وماشابهه لا بد أن يمثل المادة الأولية التي سبقت تكون النجوم . والحقائق الخطيرة التي كشف عنها العلم ، أن المادة « الناضجة » التي تدخل في تركيب النجوم لا تختلف في شيء من حيث الخواص والتركيب عن المادة الخام التي لم تسبق لها أن دخلت في تركيبها .

وفي وسعنا أن نعبّر عن هذه النتيجة تعبيراً أكياً ، إذ يمكن أن نحصى فعلا عدد الذرات الموجودة في الغلاف النجمي ، أو النجم الجديد ، المتفجر ، أو السديم الكوكبي إذا علمنا قابلية الذرات المختلفة على إمتصاص الألوان الخاصة بها وإشعاعها .

أما دراسة السدم المشتقة فعلى جانب من الصعوبة ، إلا أن النتيجة العامة واحدة ، فيستخلص من هذه الدراسات أنه « لافرق » بين هذه الأنواع المختلفة ، سواء من ناحية أنواع الذرات التي تتكون منها أم من ناحية العدد

النسبي لهذه الذرات - وغاز الفضاء النجمي هو نموذج بارز للتركيب الذري للمادة الأساسية التي تكوّن منها النجوم .

أما النجوم فوق الجديدة - فتروى لنا قصة أخرى (اللوحة ٩) .

فأطرافها كالأحاجي ، تختلف عن أطراف كل الأجسام التي أمكن رصدها حتى الآن . لذلك كان من الصعب أن نحدد المواد التي تدخل في تركيبها ، غير أنه في وسعنا أن نحدد المواد التي « لا تدخل » في هذا التركيب . ويلوح أن بها كمية ضئيلة من الأيدروجين ، وهو المادة الرئيسية التي تتكوّن منها معظم النجوم - وكل سدم المجرات .

وقد عرفنا من قبل أن النجوم تعيش على الأيدروجين ، فهل هناك دليل على هذا أقوى مما نلاحظه من أن النجوم فوق الجديدة هي في نفس الوقت النجوم التي تفتقر إلى الأيدروجين ؟ ويلاحظ أن هذه النجوم هي الوحيدة بين النجوم التي تعاني إنقلابات جوهرية شاملة يمكن ملاحظتها بأعيننا . فمن حقنا إذن أن نعتبر هذا النوع من النجوم نجوما « مفلسة » وقد صفت حسابها ، وما نحسب أننا في هذا التعبير من المسرفين .

ومعلوماتنا عن سدم الفراغ النجمي لا تقف عند حد الأغلفة المتمددة للنجوم الجديدة والسدم الكوكبية والسدم المتألقة في المجرات ، فإن المنطقة التي نعيش فيها من المجرة يسودها ضباب خفيف من الذرات المتألقة ، وهي متباعدة بعضها عن بعض على حالة إنقشار كبير ، لذلك لا تبدو سدما متميزة متألقة ، ولكن يمكن تصوير ضوئها بأجهزة أعدت خصيصا لهذا الغرض .

وذرات هذا الضباب متاثرة متباعدة بعضها عن بعض إلى درجة يصعب تصورها حتى لا يحوى السنتيمتر المكعب غير ذرة واحدة ، فكثافة هذا الغاز لا تزيد على جزء من ألف جزء من كثافة سديم الجبار .

وبرغم تباعد ذرات الغاز ، فإن غاز الفراغ النجمى موزع على حجم يبلغ من الضخامة إلى حد أن متوسط كثافته لا يختلف كثيرا عن متوسط كثافة النجوم الموجودة فى نفس المنطقة — إن فى جزء المجرة الذى نعيش فيه ، وهو طريق المرور الرئيسى فى مجرتنا النجمية ، من المواد غير النجمية قدر ما يوجد من المواد النجمية . ومن المحتمل أن تكون النجوم قد قذفت جزءا من مادة الفراغ النجمى ، ولكن الجزء الأكبر من مادة الفراغ النجمى يعتبر من المواد الأولية التى لم يسبق لها فى الماضى أن دخلت فى تركيب نجم من النجوم .

الذرات فى الكون

فى الفصل الأول من هذا الكتاب حللنا طبيعة الشمس من نواحيها المتعددة ، وتبين لنا ما لديها من قدرة على إستحداث مدى واسع من الأطياف تحت كثير من الظروف المختلفة ، وخطر لنا أنه من الممكن أن تبدو النجوم الأخرى فى مظهر آخر يختلف عن الشمس رغم تشابه الظروف . وفى هذا الفصل من الكتاب بسطنا أمام القارئ النواحي المتعددة لطبيعة الذرات وبيننا أن نفس الذرات قد تكون مسئولة عن عدد كبير من المظاهر نتيجة لإختلاف الظروف المحيطة بها .

فالأكسجين — مثلا — يتدرج فى سلم التغيرات التى يمكن أن تعثره فى إنتقاله بين الأرض والسديم؛ ففى هوائنا الجوى يوجد الأكسجين فى حالته الجزيئية ، والجزيء مكون من ذرتين ترتبط إحداها بالأخرى برابط إلكترونى . وجزيء الأكسجين ذو الذرتين التوأمتين يمتص مجموعة معقدة من طيف ضوء الشمس ، وإذا ارتفعنا فى الجو ٣٠ ميلا نجد جزيء الأوزون — وهو عبارة عن ثلاث ذرات من الأكسجين مرتبط بعضها ببعض — وهذا الجزيء يحجب أشعة الشمس فوق البنفسجية .

فإذا أمعنا فى الجو صعدا ، نجد ذرة الأكسجين المفردة ، وقد إستوفت

نصيبها من إلكتروناتها الثمانية، وأثيرت في كثافة الجو الضئيلة فكونت الخطوط الطيفية الحرام المميزة لألوان الحالة . فإذا واصلنا الصعود حتى بلغنا جو الشمس والنجوم ، وجدنا أن الألوان الطبيعية العادية المميزة لذرات الأكسجين المختلفة قد إختفت وأمتصت من ضوء النجم . وبعض هذه الألوان خاص بذرات أكسجين قد انفصل عنها إلكترون أو أكثر ، فإذا بلغنا تلك المناطق التي تفصل بين النجوم ، وهي فراغ مطلق أو يكاد ، ففي وسعنا أن نلتس الخطوط الحرام لذرات من الأكسجين قد فقدت واحدا أو أكثر من إلكتروناتها الخارجية .

ويمر الأيدروجين كذلك بالمراحل المختلفة المناظرة لمختلف الظروف الكونية . فالخطوط الطيفية لبخار الماء (أى الأيدروجين والأكسجين متحدين معا) تمتص أجزاء من ضوء الشمس ، كما تنفي خطوط الطيف الخاصة بالأيدروجين في جونا عن غيب من ذرات الأيدروجين تهطل علينا من الشمس . ويقتطع الأيدروجين من أطياف الشمس والنجوم ألوانه المميزة له . كما يعزى إلى الأيدروجين نقص الشفافية في الطبقات السفلى من أجواء النجوم .

ويمكن مشاهدة ذرات الأيدروجين المتوهجة في السدم المتألقة ، مثل سديم الجبار ، كما يمكن مشاهدة الضوء الخافت لذرات الأيدروجين التي تمتد كضباب منتشر خلال الطبقة المركزية للمجموعة النجمية .

بل إن أيدروجين الفضاء النجمي يظهر أيضا في موجات الراديو التي تنبعث من ذراته المنتشرة إنتشارا رقيقا حينما تغير الإلكترونات المصاحبة لها إتجاهها فجأة .

ولكننا لم نفرغ بعد من إستعراض الأدوار التي يلعبها الأيدروجين في

الكون . فكل ما سردناه حتى الآن لا يبدو أن يكون وصفا سطحيا لسلوك
الأيديروجين أويانا لعمل الإلكترون الذي يصحب نواة الأيديروجين .
فعلينا إذن أن ننفذ بأبصارنا إلى ما وراء الإلكترونات لتتوغل إلى صميم
المسرحية ، فنواة ذرة الأيديروجين — ذلك الجسم الذي نطلق عليه اسم
البروتون — هو سر الحياة في النجوم . وليس في وسعنا أن نلاحظه مباشرة ،
ولكن لا نستطيع أن نشهد عالم النجوم إلا بملاحظة آثاره .

أجزاء الشان

المنظـر

الفصل الثالث

من كل نجم زوجان :

النجوم المزدوجة

يندفع التيار النجمي عدوا حول مساره الضخم المرسوم في نطاق مجموعة النجوم .

وإذا نفذنا بصرنا خلال الضباب إلى أقرب النجوم السابحات إلينا فإننا نلاحظ أمراً عجيباً :

هو أنه يتدر أن يوجد بينها نجم يقطع الرحلة وحده ، فالغالبية العظمى منها تتحرك أزواجاً أزواجاً ، بل الأغلب منها أن تتحرك في مجموعات ثلاثية أو أكبر

ولقد شهدنا من قبل أن لكل من الكلب الأكبر والأصغر رفيقاً صغيراً — يطلق عليه اسم « الجرو » . وليست هذه الظاهرة في الواقع أمراً فذاً فريداً ، بل هي القاعدة الغالبة في سائر النجوم .

وبالرغم من بعد المسافة التي تفصلنا عن هذه النجوم المزدوجة ، فقد أسفرت دراستها عن مجموعة ضخمة من الحقائق . فهذه الصور الخاطفة لأزواج النجوم تعبر عن العلاقة الوثيقة بين الزوجين ، وهذه العلاقة لا يمكن أن تكون وليدة المصادفة .

فإذا رأينا نجمين يتحركان وقد اقتربا أحدهما من الآخر قريباً وثيقاً ، فلا يخطر ببالنا أننا نشهد « حادثة » من حوادث المرور توشك أن تحل بهذا (٧٢ — نجوم)

الممر الكوني . فبرغم ضخامة النجوم ، فإن الممر يبلغ من الرخابة حداً يؤمن معه أدنى احتمال لوقوع أى اصطدام . وفى وسعنا إذن ان نقول إن حركات المرور الكونية تجرى فى أمان وسلام .

وقد يبدو من باب التناقض أن نزعم أن النجمين المكونين للمجموعة الثنائية وثيقا التقارب أحدهما من الآخر ، وأن نزعم فى نفس الوقت أن حركة المرور تبلغ من إتساع المدى إلى الحد الذى يستحيل معه وقوع اصطدامات .

ولكن هذا التناقض الظاهرى لا يلبث أن يزول وينقشع إذا نحن ألقينا على النجمين المكونين للمجموعة الثنائية نظرة فاحصة . فإن هناك علاقة وثيقة وإرتباطا متينا بينهما ، وكأنى بهما يرقصان رقصة الفالس حول النطاق المرسوم لهما غاضعين لقوانين غاية فى الصرامة . - فالجاذبية القوية بينهما تعصمهما من الإبتعاد أحدهما من الآخر ، وحركات الرقص السريعة المتتالية تكفل لهما أن يظلا متباعدين بقدر ، وتعصمهما من الإلتصاق أحدهما بالآخر ، وإذا شئنا أن نعبر عن هذه الحقيقة تعبيراً عليا ، قلنا أنهما يدوران أحدهما حول الآخر بفعل قوة الجذب المتبادل بينهما .

وقد أكتشفت هذه الحركة المدارية للنجوم المزدوجة بمحض المصادفة . ففى أواخر القرن الثامن عشر ، كان وليم هرشل William Herchel يتلسس طريقة يستطيع بها أن يعين زاوية لاختلاف منظر النجوم — أى الإزاحة الدورية للنجوم القريبة بالنسبة إلى المنظر الذى يتألف من النجوم البعيدة ، بينما تدور الأرض دورتها السنوية حول مدارها .

فاختار عدداً من النجوم المثانى المتقاربة فى السماء على أمل أن يتضح بمرور الزمن أن أحد الزوجين أبعد من الآخر وأنها إذا رصدنا من طرفى مدار الأرض المتقابلين فسيبدو أقربهما وكأنه يقبل ثم يدر بالنسبة إلى أبعدهما فى فترات يبلغ طول كل منها ستة أشهر .

ولكن المشاهدة خبت ما كان يتوقعه هرشل ، فلم يجد حركة الإِدبار والإقبال التي كان ينتظرها ، ولكنه وجد أن النجمين المكونين للمجموعة الثنائية يدوران أحدهما حول الآخر وأنها يستغرقان مدة تزيد بكثير على ستة أشهر لإستكمال دورتها .

وهكذا إنتزع هرشل النصر من قلب الهزيمة ، فقد أدرك أنه قد إكتشف حقيقتين على جانب كبير من الخطورة .

أولاهما : أن النجمين الثنائيين يكونان مجموعة ثنائية حقا ، وأن عري الإرتباط قد وثقت بينهما في الفضاء .

وأخراهما : أن كلا منهما يتحرك في مدار حول الآخر بفعل قوة الجاذبية ، وحتى ذلك الحين ، لم يكن قد عرف تأثير الجاذبية في غير المجموعات الكوكبية . ولكن إكتشاف هرشل أثبت أن الجاذبية تسيطر على مجموعات النجوم أيضا .

ولم يلبث هرشل أن أدرك مدى أهمية هذه النجوم المزدوجة ، وشرع يعد قائمة بها . وسرعان ما تضخمت القائمة حتى تضمنت عشرات الألوف من النجوم المثاني في مدة لا تزيد على قرنين من الزمان . وبغلب على ظننا الآن أن الأغلبية الساحقة من النجوم التي تحتط لنفسها مسارا دائريا هي من النجوم المثاني .

وبالرغم من أن النجمين اللذين يكونان مجموعة مزدوجة أو ثنائية وثيقا القرب أحدهما من الآخر — (بل إنهما يكاد أن يتلامسان في بعض المجموعات) — فإنهما في مأمن من التصادم ، لأن حركتهما المدارية كافية بأن تبقى على ما بينهما من بعد ، تماما كما تؤدي الحركة المدارية للكواكب حول الشمس إلى تجنبها السقوط داخل الشمس ، وكما أن حركة القمر حول الأرض تمصمه من أن يسقط نحو الأرض .

هذا إلى أن عمر النجوم يبلغ من الرحابة حدا يجعل لإحتال إرتطام زوج من النجوم بزواج آخر ، لا يزيد على لإحتال إصطدام زوج من الراقصين يؤديان رقص الفالس في مدينة نيويورك ، بزواج آخر من الراقصين يؤديانها في كاليفورنيا ١

وفي وسعنا أن نستنبط — إذا راعينا الأبعاد الضخمة التي تفصل أزواج النجوم بعضها عن بعض — أن الإتحاد الذي يربط بين النجمين المكونين للمجموعة الثنائية ، هو رابطة وثيقة لا انفصام لها . ولا يستطيع أن يفصل أحد الزوجين عن « زوجه » إلا قوة « إغراء » شديدة تنشأ عن جاذبية النجوم الأخرى .

على أن حركة المرور في منطقتنا النجمية تكاد تكون مقفلة ، فلا يحتمل — إطلاقا — أن يقترب نجم من « زوجين » من النجوم قريبا كافيا يؤدي إلى انفصالهما . أما تأثير النجوم البعيدة فضئيل جدا ، وإن كان يبدو أنه يؤدي — مع مرور الوقت — إلى التخفيف من قوة الرابطة بين النجمين المتزاوجين ، والإرخاء قليلا من شدة تعانقهما ، ومع ذلك فسيواصل النجمان أداء رقص الفالس معا ، وإن اتسعت الشقة بينهما شيئا ما بمرور الزمن .

وإذا صحت هذه النتيجة ، إستتبعها نتيجة أخرى : هي أن النجمين المكونين للمجموعة الثنائية كانا في الماضي أشد قربا مما هما عليه الآن .

وفي وسعنا أن نضيف إلى ما تقدم أنه في هذا المجرى الرحب الذي تنتثر فيه النجوم متباعدة بعضها عن بعض ، يستبعد كثيرا أن يكون لإتصال المجاميع الثنائية ، وشدة إقتراب النجمين المكونين للمجموعة أحدهما من الآخر ، ودوران أحدهما حول الآخر — يستبعد كثيرا أن يكون هذا كله قد حدث بمجرد المصادفة ، ولا بد أن يكون التلازم بينهما قد توطد منذ البدء .

وهذه هي الحقائق الضخمة التي أسفرت عنها دراسة النجوم المزدوجة :
هنا أزواج من النجوم كانت على الدوام أزواجا وقد نشأ النجمان
المكونان للمجموعة معا ، نتيجة لعملية واحدة ، فعرهما واحد ، والأحداث
التي مرت بهما واحدة . فهذه المجموعة من « اللقطات » للمجموعة النجمية
لا تعبر عن حالة عابرة ، أو رابطة وقتية ، ولكنها تظهر لنا تطور
« شخصيتين » ، نبتتا في بيئة واحدة ، ومرت بهما ظروف خارجية متشابهة .
فكأنى بهما توأمين نشأ معا .

وربما أدى بنا التفكير النظري المحض إلى نتائج لا تؤيدها الوقائع :
فقد نظن أن هذين التوأمين لا بد أن يظلا إلى الأبد متشابهين ، فاداما قد
ولدا معا ، وإرتبطا منذ البداية معا ، فلا بد أن يظلا على الدوام متشابهين .
ولكن الحقيقة خلاف ذلك .

صحيح أن هناك توأمين متشابهة ، ولكنها قلة نادرة ، ففي أغلب الحالات
يكون النجمان المكونان للمجموعة الثنائية على إختلاف فائق الحد برغم
ما بينهما من تشابه في النشأة والتاريخ . وهنا يبرز لنا جانب من أخطر الجوانب
التي تجاهلناها في دراستنا لتطور النجوم : فعلينا أن نفسر كيف يمكن للتوأمين أن
يتحولوا إلى شخصيتين متغاوتين إلى هذا الحد الكبير .

فلنلق نظرة على بضع حالات من هذه المجموعات من النجوم التي توطلدت
بين أفرادها العلاقة ، حتى يقسنى لنا أن نكون صورة تتجلى فيها مختلف حالات
الزواج النجمي ، ومدى الارتباط في كل حالة ، وشدة العناق بين أفراد
المجموعة ، وسرعة خطوات « الرقصة » التي تؤديها .

ولقد شاهد هرشل أزواجا من النجوم يدور كل فرد منها حول زميله في
مدارات بعضها بيضى ، والآخر دائرى .

وقد أسفرت المشاهدات عن أن الغالبية العظمى من النجوم المزدوجة التي

يمكن رصد حركاتها ، تكون مداراتها بيضية (وقد تستطيل هذه المدارات البيضية في بعض الحالات إلى حد كبير) . أما النجوم التي تتخذ لها مدارات دائرية ، فهي القلة الشاذة .

ولكن نستطيع أن نكتشف مثل هذه المجموعات الثنائية ، لا بد من تحقيق بعض الشروط : فلا بد أن يظهر النجمان منفصلين ، وأن يكون بينهما بعد يكفي للملاحظة كل منهما على حدة .

أما إذا تجاوزت المسافة بينهما حدا معينا فإن قوة التجاذب بينها تكون من الضالة بحيث لا يكون في وسعها أن تلتزمها بالدوران أحدهما حول الآخر (والمعروف أن قوة الجذب بين جسمين — كما بين نيوتن Newton — تناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما) . وأقرب نجم إلى الشمس هو الـ فيق الخافت للنجم أقطورى ، ويعد عنها بمقدار أربع سنوات ضوئية . ولنا تنوع أن تتكون من هذا النجم الخافت والشمس مجموعة ثنائية ، لأن البعد بينهما شاسع ، وتأثير النجوم في مجموعها أرجح بكثير من قوة الجذب المتبادل بين النجمين . ومن شأن مثل هذين النجمين أن يؤثر أحدهما في الآخر تأثيرا طفيفا ، ولكنهما لا يدوران أحدهما حول الآخر في مسار مقفل كما تفعل النجوم المزدوجة .

وإذن فهناك شرط يلزم توافره لتكوين مجموعة مزدوجة من نجمين يدور أحدهما حول الآخر ، ذلك أن يكون هذان النجمان متقاربين إلى درجة كافية — أى أن تكون المسافة بينهما قصيرة إذا قورنت بمتوسط المسافات التي تفصل بين النجوم في تيار الممر النجمي . ولكن نستطيع أن نرى مثل هذه المجموعة يجب أن يكون النجمان المكونان لها قريبين قريبا كافيا وإذن فليس من المتوقع أن نرى نجوما مزدوجة في غير المناطق القريبة منا .

ومن الصعب تمييز النجم المزدوج إذا اختلف لمعان النجمين المكونين

له . فإذا تقاربت درجتا لمعانهما ، فمن السهل إكتشافهما ، أما إذا كان إختلاف درجتي اللمعان شديداً ، صعب تمييزهما .

وتزداد هذه الصعوبة بإزدياد إختلاف اللمعان . ولبيان منشأ هذه الصعوبة نجتزئ بالقول أن النجم الأضال ضوءاً قد يكون ضوءه من الحفوت بحيث نعجز عن رؤيته .

وفي بعض الحالات يكون أحد النجمين المتزاملين لامعا دون الآخر إلى درجة تكفي لرؤيته ، ومع ذلك يمكن تعيين مدار النجم المزدوج . وهذا ماحدث فعلا في حالة الشعري اليمانية . فهذا النجم — الذي يسمى الكلب — هو واحد من أقرب النجوم إلينا . وهو يسير مع الشمس ، في تيار المرور النجمي الأعظم ، ولكن سرعتي حركتهما تختلفان إختلافا طفيفا .

ونتيجة لذلك بتغير موضعه بالنسبة للنجوم البعيدة . ويبدو لنا ذلك التغير واضحا لأن المسافة بيننا وبينه ليست كبيرة . والواقع أن هذا النجم يبلغ قربه منا حدا مكننا من تخطيط مساره بالنسبة إلى النجوم البعيدة بدقة كبيرة .

بل لقد شوهد هذا النجم — منذ مائة عام — يتحرك ، ولكن لا في خط مستقيم ، بل في مسار متموج ، أشبه ما يكون بحركة بريمة لا نشاهد إلا جانبا واحدا منها ، هو الجانب العمودي على إتجاه نظرنا .

وجميع معلوماتنا عن حركات الأجرام السماوية تؤكد لنا أنها تسير في خطوط مستقيمة مالم يعقبا شي . فهذه الحركة البريمية المنتظمة دليل أكبر على وجود عائق منظم . فإذا إفترضنا أن هذا النجم يتحرك حركة مدارية حول نجم آخر غير مرئي لظفرنا بتفسير مناسب لهذه الحركة البريمية المنتظمة .

وتستغرق « اللفة » البريمية قرابة خمسين عاما . ومعنى هذا أن هذين النجمين — الشعري اليمانية المتألقة ورفيقتها غير المرؤ — يتمان دورة كاملة في خمسين عاما .

وفي عام ١٨٦٢ تبين أن هذا التفسير صحيح جملة وتفصيلا ، حين استطاع ألان كلارك Alvan Clark أن يرى رفيق الشعري اليمانية (الجرو) فضلا لأول مرة .

ومنذ ذلك الحين روقب هذان النجمان خلال ما يقارب دورتين كاملتين ، وقد دلت الأرصاد — بما لا يدع مجالا للشك — أن المسار البري هو ما ينتج من إجماع الحركة المدارية والحركة المستقيمة خلال الفضاء .

ويتحرك « الجرو » حركة برمية أيضا ، ولكن مساره قدر مسار الشعري اليمانية مرتين . وبهارة أخرى ، يبلغ مدار « الرفيق » ضعف مدار « الكلب » (الشعري اليمانية) حول مركز مشترك يتحرك عبر الفضاء في خط مستقيم .

ويؤدي بنا هذا إلى إستعراض حقيقة أخرى تجعل للنجوم المزدوجة دلالة خطيرة في دراسة خواص النجوم على وجه العموم . فالنجوم المزدوجة هي النجوم الوحيدة التي يمكن وزنها .

وقد إعتدنا في حياتنا العادية ، إذا أردنا إيجاد وزن شيء ما ، أن نوازنه بشيء آخر نعرف وزنه . وهذا هو ما سنفعله إذا شئنا معرفة وزن النجوم . فدارا زوج من النجوم هما بمثابة الميزان ، ومركز جاذبية المجموعة تمثل نقطة الإرتكاز . وقد ثبت من قوانين الحركة — التي تسمى على المجموعة الشمسية — أن كتل النجوم المكونة للمجموعة المزدوجة تعين النسبة بين إتساع مداريهما حول مركز الجاذبية . فكلما كبرت كتلة الجسم ، صغر مداره .

ولما كان مدار « الجرو » يكاد يبلغ ضعف مدار الشعري اليمانية ، فإن ذلك يستتبع أن تكون كتلة الشعري اليمانية قرابة ضعف كتلة « الجرو » .

ولكن هذه الطريقة لا تبين لنا إلا « نسبة » الكتل بعضها إلى بعض ، ولا تحدد لنا « مقادير » هذ الكتل .

فإذا شئنا أن نعين الكتلة الكلية للمجموعة المكونة من الشعري اليمانية والجرو فلا بد لنا من معرفة الطولين الحقيقيين للدارين ، والزمن الذى يستغرقانه فى إتمام الدورة ، وذلك بتطبيق نفس قوانين الحركة التى تطبق على المجموعة الكوكبية .

فإذا عرفنا بمجموعة الكتلتين ، إستعملنا بعملية حسابية بسيطة أن نحصل على كتلة كل من التجمين على حدة .

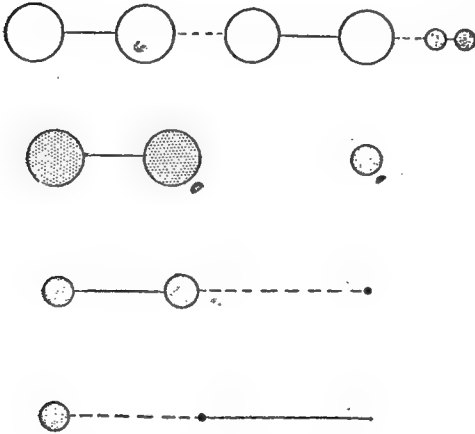
وقد اضطرت إلى التعرض لهذه التفاصيل الفنية نوعا ما لأنى أريد أن أشرح الطريقة التى تتبع فى إيجاد وزن النجوم ، ولكى أبين أن النجوم الوحيدة التى يمكن إيجاد وزنها هى النجوم المزدوجة . وهذه النقطة فى حاجة إلى مزيد من التأكيد ، فربما كانت كتلة النجم هى أهم خواصه على الإطلاق .

وقد ذكرت فى الفصل الأول أن الناتج الكلى لطاقة النجم ، (لمعانه) ، تكاد تعتمد اعتمادا كليا على وزن النجم (قانون الكتلة واللمعان) . وقد آن لنا أن نذكر حقيقة على جانب كبير من الأهمية ، هى أننا ما كنا لنصل إلى إدراك هذه العلاقة التى تضمنها هذا القانون إلا بدراستنا للنجوم التى يمكن وزنها ووزنت فعلا — وأعنى بها النجوم المزدوجة . وليس لدينا أى طريقة — على الإطلاق — لإيجاد وزن النجوم التى تتحرك وحدها .

ولمعان الشعري اليمانية أكبر من لمعان الشمس مائة مرة ، أما « الجرو » فإن لمعانه لا يزيد على جزء من مائة جزء من لمعان الشمس . ومعنى هذا أن لمعان الشعري اليمانية أكبر من لمعان رقيقها الجرو عشرة آلاف مرة ، ولكن وزنها لا يزيد على ضعف وزنه ... فالجرو يربط بين كتلة النجم وناتج طاقته .

فلو كان هذا الحجم خاضعا للقانون ، لوجب أن يكون لمعانه كلمعان الشمس — أى أن يكون على درجة من اللمعان تفوق درجة لمعانه الفعلى نحو مائة مرة !

ومجموعة الشعرى اليمانية تمثل زوجا مكونا من نجمين توأمين (شكل ١) .
ولا مناص لنا من أن نعتقد أنهما نجمان نشأ معا ، وقضيا حياتهما متزاملين .
والآن فلنحاول أن نقارن بينهما .



(شكل ٢)

مركبات أربعة من النجوم المزدوجة والمتعددات النجمية
المرسومة مع الشمس بمقياس رسم واحد للمقارنة . وقد وصلت المزدوجات
ذات الأفراد الوثيقة القرب بعضها من بعض بخطوط متصلة — وذات
الأفراد المتباعدة بخطوط منقطة .

- الصف العلوى : أفراد النجم رأس التوأم المقدم . .
- الصف الثانى من اليسار : الحواء ؛ من اليمين : الشمس .
- الصف الثالث : أفراد النجم الوازن (رجل قنطورس)
- الصف الرابع : أفراد النجم (أدعى النعام) .

فسطح الشعري اليمانية أسخن من رقيقها ، وكتلتها ضعف كتلته ، وحجمها قدر حجمه ستين مرة ، ولعانها قدر لعانها عشرة آلاف مرة . ولكن كثافته تعدل كثافتها ستين ألف مرة .

ومع ذلك كله ، فهما نجمان « توأمان » ، وكلمة « توأمين » توحى بمعنى التشابه والمماثل وليس في وسعنا أن نتخيل شيتين أبعد ما يكونان عن التشابه والمماثل من هذين « التوأمين » !!

بل أنهما ليمختلفان - أيضا - أشد الاختلاف من حيث طريقة الإستهلاك الذى يحدث فى باطن كل منهما .

فالشعري اليمانية تستهلك ما فى باطنها من أيديروجين بانتظام عن طريق « دورة الكربون » .

وأما « رقيقها » فيمثل حالة الإفلاس النجمى ، أى أنه عاجز عن إطلاق طاقة نووية فى باطنه ، وأكبر الظن أنه يتغذى (مستعينا على حفظ بقائه) عن طريق الإنكماش الثقالى الذى يحول طاقة الوضع فى بطنه إلى طاقة إشعاعية .

وهكذا نستطيع أن نتبين فى هذه المجموعة النجمية المكونة من الشعري اليمانية ورقيقها ماذا يمكن أن يفعل التطور فى نجمين متآخيين فيحيلهما إلى شخصيتين متناقضتين فى صفاتهما وخصائصهما أشد التناقض .

وفى وسعنا أن نتبين من هذا التناقض ما تنطوى عليه قصة تطور النجوم من أحداث متباينة كل التباين ، تنحكم فيها قوى متضاربة كل التضارب . ومع ذلك فليس كل توأمين نجميين مختلفين فيما بينهما هذا الاختلاف الذى نراه فى الشعري اليمانية ورقيقها .

فى « كوكبة السنبلة » نجم يمكن رؤيته بالعين المجردة . وفى استطاعة أى مراقب صغير أن يبين لنا أنه فى الحقيقة مكون من نجمين متماثلين لعاناً

ولونا وكل منهما يتأرجح بين الشمس والشعري اليمانية من حيث الحجم والتألق والكتلة . وهما متشابهان فيما بينهما تشابه حتى البازلاء ، ويدوران حول أحدهما الآخر، مرة كل مائتي عام ، ويتخذان مسارا يضيأ شديدا لإستطاله .

ونجم آخر يمكن رؤيته بالعين المجردة كذلك ، هو النجم الخامس في كوكبه السلياق ، وفي وسعنا أن ندرك بأعيننا أنه نجم مزدوج دون حاجة إلى إستعمال المقرّب . وهو يبدو للعين كبقعتين من الضوء ، متماثلتين تألقا ولونا ، ولكنهما متباعدتان أشد التباعد، وربما إستغرقتا مئات من آلاف السنين لتتبادورة واحدة .

والواقع أن كلا منهما في ذاته مكون من نجمين ، يتم أحدهما دورته حول الآخر في عدة قرون .

والنجوم الأربعة المكونة لهذه المجموعة متماثلة ، وكل منها أصغر من الشعري اليمانية وأبرد وأخفت ضوءا . ولا يختلف أحدهما عن زملائه في أى من هذه الصفات .

وهناك مجموعة أخرى أروع ، هي المجموعة المسماة رأس التوأم ، وهي ألمع التوأمن السماويين في برج الجوزاء .

وإذا رصدنا رأس التوأم بالمقرّب ، يتضح لنا أنه ثلاثى — أى مكون من ثلاثة نجوم — ولكن هذه النجوم الثلاثة التى يتكون منها ليست متشابهة فإثنان فقط يشبهان الشعري اليمانية لمعانا ولونا ، وأما الثالث فخافت الضوء ، شديد الحرارة ، أبرد كثيرا من الشمس .

وقد أثبت التحليل الطيفي أن هذه النجوم الثلاثة المكونة لرأس التوأم ، يتكون كل منها من نجمين متشابهين . فكأن رأس التوأم نجم سداسى ، أى مكون من ستة نجوم ، أربعة منها أشبه ما تكون بالشعري اليمانية ، وإثنان أصغر من الشمس وأخفت ضوءا ، وأخف وزنا وأقل حرارة منها .

ويتم النجمان الآخران الخافتان دورتهما أحدهما حول الآخر في ١٩ ساعة، وأحد الزوجين اللامعين يدور النجمان المكونان له أحدهما حول الآخر في ثلاثة أيام، أما النجمان المكونان للزوج اللامع الآخر فيتبان دورتهما أحدهما حول الآخر في تسعة أيام .

وفضلا عن هذا ، يدور النجمان المزدوجان اللامعان برمتيهما أحدهما حول الآخر في حوالى ٣٠٠ عام ، كما تدور مجموعة النجمين الآخرين الخافتين حول المجموعة الرابعة المكونة من النجوم اللامعة في مدة قد تتناول إلى ملايين الأعوام ١ .

فالنجوم الستة تكون إذن مجموعة متألفة أو مجموعة طبيعية ، يربط بينها الجذب المتبادل الذى يتحكم فى حركاتها ويرسم لها مداراتها، وهذه النجوم الستة من سن واحد ، وأصل واحد ، ولها تاريخ واحد ، ولكن التطورات المتباينة التى مرت بها قد حولتها إلى ما زارها عليه الآن من إختلاف فى الصفات وتباين فى الخصائص .

وأقرب نجم إلى الشمس مكون من مجموعة ثلاثية . ويمكن مشاهدته فى نصف الكرة الجنوبي ، فى كوكبة قنطورس ، ويعرف باسم أ قنطورى .

وهذا النجم — على شدة تألفه وقربه منا — لا يحمل سوى هذا الاسم العلبى . ومن عجب ألا يكون له اسم شعبى مألوف شأن بعض النجوم الأخرى التى لا تدانيه قربا ولا تألفا . والنجوم الثلاثة التى يتكون منها هذا النجم ليست متماثلة . فأشدها تألفا يعتبر فى حجمه ولمعانه ودرجة حرارته وكتلته ندا للشمس .

وأما النجم الثانى فأكبر قليلا من الأول (١) ولكنه أخفت ضوءا وأقل حرارة وأصفر حجما .

(١) وبعبارة أخرى ، يقع هذا النجم من خريطة راسل فوق نجوم التابع الرئيسى بقليل . لذلك كان أقرب إلى النجوم العملاقة الدنيا منه إلى نجوم التابع الرئيسى .

وأما النجم الثالث فيعتبر ، بين النجوم التي درست ، من أصغرها حجما ، وأقلها حرارة . قطره لا يزيد على ٦٪ من قطر الشمس . وموقعه في خريطة راسل في ذيل نجوم التابع الرئيسي ، ومن عجب أنه لا يعتبر من الأقزام البيضاء برغم أنه أخفت ضوءا بكثير من رفيق الشعري اليمانية .

ويتم النجمان المتألفان في هذه المجموعة دورتهما أحدهما حول الآخر في مدى ٨٠ عاما .

وأما الرفيق الضئيل — ثالث نجوم هذه المجموعة — فيعرف باسم الأقرب القنطوري وسمى الأقرب لأنه أدنى جيراننا النجمية إلينا . ولهذا النجم مسار يبلغ من الكبر حدا يجعلنا عاجزين عن معرفة الزمن الذي يتم فيه دورته ومن ثم كان عجزنا عن معرفة وزنه . ولكننا واثقون مع ذلك من أن هذا النجم ينتمي فعلا إلى مجموعة رجل قنطوري لأن هذه النجوم الثلاثة تتحرك كلها عبر الفضاء بسرعة واحدة .

وهناك أيضا مجموعة ثلاثية مشهورة من المجموعات النجمية الثلاثية ، هي مجموعة أدحي النعام وهي تشبه مجموعات قنطوري في بعض الخصائص ، ولكنها تخالفها إلى حد بعيد في نواح أخرى . وألح هذه النجوم الثلاثة أشبه ما يكون بالشمس ، وإن يكن أصغر منها قليلا وأقل درجة حرارة وأخفت ضوءا .

وأما النجم الثاني في هذه المجموعة فهو أشبه بالنجم الأقرب وهو من نجوم التابع الرئيسي ، ودرجة حرارته منخفضة جدا ، وتبلغ كتلته خمس كتلة الشمس ، قطره خمس وقطرها .

وأما النجم الثالث في هذه المجموعة ففاجأة مثيرة - فهو قزم أبيض ، تبلغ كتلته نصف كتلة الشمس ، ولكن قطره لا يزيد على ٢٪ من قطرها ، ومن ثم كانت كثافته تزيد على كثافتها ٦٤,٠٠٠ مرة ١١.

ويدور النجمان الثانى والثالث فى هذه المجموعة أحدهما حول الآخر فى مدة ٢٥٠ سنة ويدوران معا حول النجم الاول - ألمع نجوم المجموعة - متخذين مسارا غاية فى العظم .

ويلاحظ أن النجوم المزدوجة التى يمكن ملاحظة حركة دورانها حول بعضها البعض (والتي تسمى الثنائيات الملحوظة) تتم دورانها فى بضع . وقد أمكن فعلا ملاحظة قليل منها وهى تتم دورات كاملة . ويندر بين « الثنائيات الملحوظة » ما يتم دورته فى أقل من عشر سنوات . بل إن الاغلبية العظمى منها تتطلب مئات السنين بل آلافها لإتمام دورتها . والسبب فى هذا يرجع إلى حدا ما إلى الشروط التى يتطلبها لاكتشاف هذه النجوم . فالنجوم ذات المسارات الكبيرة هى النجوم التى تستغرق لإتمام دورتها زمنا طويلا . ولا يتأتى لنا رؤية نجوم المجموعة منفصلة عن بعضها البعض إلا إذا كانت مساراتها كبيرة .

ولكن هناك نزعة واضحة فى تلك « الثنائيات الملحوظة » لا يمكن أن يكون مردها مجرد المصادفة ، فمعظمها يتخذ لنفسه مسارات بيضية طويلة لا دائرية ، وكلما طالت المدة التى تستغرقها الدورة ، كلما كان المسار الذى تتخذه أشد نزوعا إلى الإستطالة .

وإذا استعرضنا الثنائيات الملحوظة نجد أنها على عدة أنواع متفاوتة فيما بينها أشد تفاوت . فمنها - كما رأينا - النوائم المتماثلة ، التى تتأرجع بين النجوم التى تشبه الشعري اليمانية وبين النجوم الخافتة الضئيلة ذات درجة الحرارة المنخفضة .

وجميع هذه النجوم المتماثلة تحتل فى خريطة راسل مكانا هو أدنى ما يكون إلى سلسلة التتابع الرئيسى التى وصفناها فى الفصل الاول .

وهناك كما رأينا أيضا - نجوم أخرى متباينة (أى غير متماثلة) ، مثل النجوم

التي تكون مجموعة رجل قنطوري ومجموعة رأس الثور المقدم وهي نجوم
تباين فيما بينها تبايناً واضحاً ولكنها تحتل مكاناً قريباً من نجوم الساج
الرئيسي كذلك .

وأخيراً نجد في مجموعة الشعرى اليمانية ، ومجموعة الشعرى الشامية ومجموعة
أدحى النعام ، نجومًا من سلسلة الساج الرئيسي تصاحبها أقزام بيض . وهما
نوعان من النجوم يختلفان عن بعضهما البعض من حيث الجوهر والمظهر
جميعاً .

وكثير من الأقزام البيض يشترك مع النجوم الأخرى ، في تكون
المجموعات النجمية ولكن بعضها يوجد وحيداً .

وربما لاحظ القارئ . أننا لم نذكر بين النجوم المزدوجة المرئية التي
سردناها نجماً واحداً من تلك النجوم التي تفوق الشعرى اليمانية في اللعان
ودرجة الحرارة . صحيح أن أمثال هذه النجوم من النادرة بمكان ، ولكنها مع
ذلك شديدة اللعان بينة الوضوح ، لذلك كان إغفال ذكرها في قائمة النجوم
المزدوجة مثيرة للتساؤل مستوجباً للتعليل . ومن الخطأ أن نستنبط أنها ليست
أهلاً لتكوين مجموعات المثاني بسبب فرط لمعانها وضخامة كتلتها وإستقرار
حرارتها ، فالواقع أن نسبة النجوم الثنائية بين هذه الطائفة من النجوم أكبر
منها بين النجوم التي تشغل موقعا في خريطة راسل تحت نجوم سلسلة الساج
الرئيسي . فلماذا إذن لا نرى حركاتها في مداراتها ؟ ! هناك سيان جوهريان :

أولهما : نادرة أمثال هذه النجوم في الفضاء وبعدها عنا ، فأقربها إلينا أبعد
من معظم النجوم التي درسناها .

وثانيهما : أن أمثال هذه النجوم اللامعة الحارة المكونة للجوعات المثاني
بعضها أقرب إلى البعض من النجوم المكونة للثنائيات المنظورة . فدوراتها
لا تحسب بعشرات السنين ولكنها تحسب بالأيام ، بل بالساعات في بعض

الحالات، ومعنى ذلك أن مساراتها أقصر بكثير من مسارات المزدوجات المنظورة.

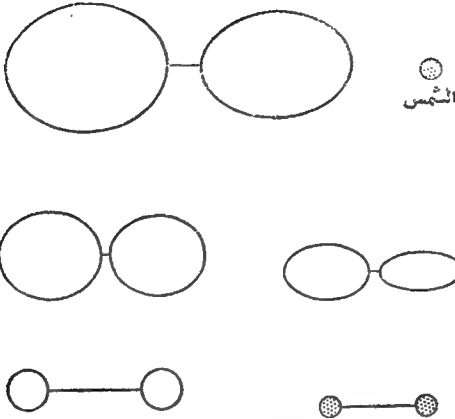
فلا بد إذن من إستخدام وسيلة أخرى للكشف عن هذا النوع من المزدوجات ودراسة. ويمكن الكشف عن المجموعات المزدوجة الشديدة القرب وقياسها بوساطة المطياف، فبتقدير التغير في لون الضوء المنبعث من الأشياء المقبلة علينا أو المدبرة عنا، نستطيع بهذا الجهاز أن نقيس سرعة نجم في مساره والزمن الذى يستغرقه في قطع هذا المسار، فمن السهل أن نحصل على مساحة هذا المسار.

وصغر مساحة المسار لا تقف أمامنا عائقا، فالواقع أن النجوم المتساوية الكتل تشتد سرعتها كلما صغرت مداراتها، ومن ثم يكون إكتشافها أسهل منالا.

ويطلق على التائيات التى أمكن إكتشافها عن طريق سرعة حركتها نتيجة لتأثير دوبلر إسم التائيات الطيفية.

وقد عرف منها فعلا مئات المجموعات، التى تمتاز بشدة قرب النجوم المكونة لها بعضها من بعض، وبأن مساراتها أقرب إلى الإستدارة من مسارات « المزدوجات الملحوظة ».

وهناك ناحية يجب أن يحسب حسابها — وهى مدى ميل المسار بالنسبة إلى الراصد. فحين يكون المدار مواجها للراصد، فإن الحركة الإقبالية الإدبارية لا يمكن ملاحظتها، ولذلك كان من المتعذر إكتشاف المجموعة الثنائية إذا واجهتنا بمدارها. وأما إذا كانت حافة المدار فى إتجاه نظر الراصد أو تكاد، فإنه يمكن إكتشاف المجموعة. إلا أننا مع الأسف لانستطيع أن نحدد مقدار ميل مستوى المدار على إتجاه النظر ومن ثم نعجز عن تقدير مدى إتساعه.



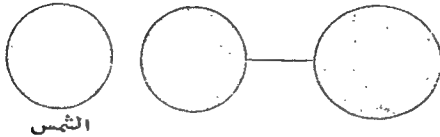
شكل (٤)

الأحجام والأبعاد النسبية لعدد من النجوم التوائم ذات اللعنان الفائق، وترى صورة الشمس للمقارنة. ويرى في يسار الصف العلوى نجم متغير فى كوكبة الكلب الكبير، ويلاحظ أن النجوم المزدوجة المقاربة تكون مفرطحة نتيجة لقوى المد الناشئة عن قرب التجمين المكونين لها وسرعة دورانها الكبيرة. بينما الأمر على عكس ذلك فى حالة المزدوجات التى تباعدت أفرادها.

وإذا صادف أن كانت حافة المدار فى مواجهة الراصد تماماً، فإن كل نجم لابد أن يحجب الآخر مرة فى كل دورة، ويحدث له كسوفاً.

وإذا شوهد كسوف نجمى (أى خفوت دورى فى ضوء النجم) وأظهر المطياف أن هذا النجم مجموعة مزدوجة، ففى وسعنا أن نعرف عنه كل شيء :

إتساع مداره ، ميله ، وحجم كل من النجمين المكونين له ، وكتلته — كل ذلك يمكن تحديده تماما .



شكل (٥)

الأحجام والأبعاد النسبية لبعض المزدوجات التي لا يزيد لمعانها عن الشمس.

رسم هذا الشكل على أساس دراسات س. جابوشكين S. Gaboschkin زوج المؤلفة

صحيح أن العمليات الرياضية اللازمة للحصول على هذه النتائج معقدة ، ولكنها عمليات صحيحة تؤدي إلى هذه النتائج دون شك .

فالمزدوجات المطيافية — التي هي في نفس الوقت نجوم كسوفية — هي مفتاح جميع ما حصننا عليه من معلومات عن أبعاد النجوم .

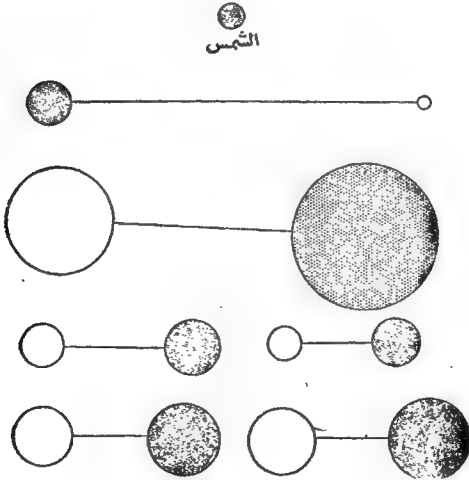
وقد تم إكتشاف آلاف من تلك النجوم الكسوفية — تلك النجوم التي تدور في مسارات تواجهنا تماما بمحافتها أو تكاد .

والأغلبية الساحقة من النجوم الأشد حرارة ولعانا هي مزدوجات

مطابقة، وبعبارة أخرى معظم النجوم التي تقع على خريطة راسل في قبة سلسلة
التتابع الرئيسي هي مزدوجات .

وهناك سمة أخرى تكاد تشترك فيها جميع النجوم الحارة اللامعة . تلك
هي نزعتها إلى الدوران حول نفسها في سرعة .

فإذا إقتربنا من النجوم الأفل حرارة ، أى الأخفت ضوءا ، وجدنا نسبة
المزدوجات قد بدأت تقل ، كما تقل السرعة المتوسطة للدوران النجم حول نفسه . وكما
أسلفت في الفصل السابق نعلم أن هذا الدوران والتوأمية ظاهرتان متلازمتان



شكل (٦)

مجموعة من المزدوجات غير المتماثلة ، وقد رسمت الشمس في أعلى
كمييار للمقارنة ، والمجموعة التي في أسفل إلى اليسار هي مجموعة النول .

والملاحظ أن المزدوجات المكونة من نجوم التابع الرئيس الحارة تكاد تكون كلها مزدوجات متباعدة .

فإذا بحثنا على خريطة راسل خلال المنطقة اللامعة التي تحد نجوم التابع الرئيسى بحثنا عن مزدوجات متباعدة ، لوجدنا أن أعلاها هو نجم « الغول » ، وموقعه في الخريطة فوق الشعري الثمانية مباشرة .

ونجم الغول هو أحد أفراد كوكبه برشاوش . وترتيبه في هذه المجموعة الثانى من حيث اللعنان . والمظنون أن إطلاق اسم « الغول » على هذا النجم يرجع إلى أنه يبدو للرأى وكأنه يغمز بعينه غمزات مخفية ، بين كل غمرة وأخرى مدة تقل عن ثلاثة أيام ، وقد دل الفحص الدقيق على أن له غمزات أخرى ، وإن تكن أقل وضوحا ، تحدث في منتصف المدة بين كل غمرتين من غمراته الرئيسة .

والتفسير العلمى لهذه الغمزات هو أن النجمين المكونين لهذه المزدوجة التي تسمى « الغول » يدوران أحدهما حول الآخر ، ويتناوب دورتهما في مدة تقل عن ثلاثة أيام ، في مسار دائرى تكاد تنجبه حافته نحونا . . فحين يعترض أحد النجمين الطريق بيننا وبين النجم الآخر يحجب بعض ضوءه ويحدث ما يسمى بالكسوف النجمى .

ويلاحظ أن أحد النجمين أخفت من النجم الآخر ضوءا ، فإذا كان النجم الأخفض في مواجعتنا ، فإن كمية الضوء المحجوبة تكون كبيرة ، ويكون الكسوف الحادث كسوفاً واضحاً .

أما إذا كان النجم المواجه لنا هو النجم الأشد لمعانا ، كان الضوء المفقود أقل ، وكان الكسوف الحادث أقل وضوحاً .

والنجم الأملع في هذه المزدوجة الكسوفية هو أحد نجوم التابع الرئيسى . وهو ألمع وأشد حرارة وأكبر حجماً من الشعري الثمانية .

أما النجم الأخفت في هذه المجموعة فهو من طائفة لاعهد لنا بها من قبل .
لأنه أكبر حجما من رفيقه ، ولكن لمعانه يبلغ جزءا من ثلاثة عشر جزءا من
لمعانه وكثافته تبلغ حوالى ربع كثافته ، وسطحه أقل حرارة من سطحه إلى
حد كبير . وهو أخفت من أن يعتبر نجما عملاقا ، وألمع من أن يعتبر نجما
من نجوم التابع الرئيسى ... لأنه نموذج لطائفة من النجوم تعرف باسم
العمالقة الدنيا .

وللغول خواص يتفرد بها . فهو — مثلا — نجم ثلاثى أى مكون من
ثلاثة نجوم ، ولكن النجم الثالث لم يشاهد حتى الآن ، وربما كانت مكونات
الغول تفوق الثلاثة عددا . ولكن الخاصية التى جعلت منه نجما نموذجيا ،
فيه تتمثل طائفة كبيرة من المزدوجات ، هو وجود نجم عميلق كسوفى (علاق
أدى) بين أفراد مجموعته .

وقد أكتشف فعلا عدد ضخم من النجوم تشبه « نجم الغول » ، يتكون
كل منها من نجمين ، ألمعهما من نجوم التابع الرئيسى (ولا يختلف فى حجمه
كثيرا عن حجم الشعرى اليمانية) وأخفهما نجم عميلق ، أقل من الأول
كثافة ، وأقل حرارة .

وقد مر عهد كانت فيه جميع النجوم العميلقية المعروفة داخلية فى تكوين
المزدوجات الكسوفية ، ولكننا تحققنا اليوم من أن هناك عميلقات تعيش
منعزلة . وقد فحصت بعض مناطق النجوم المشابهة للشعرى اليمانية ، ودرست
المثنائى التى يدخل فى تركيبها نجوم التابع الرئيسى (التى أكتشفت كنجوم
كسوفية ومزدوجات طيفية) فوجد أنها تنقسم إلى طائفتين متميزتين : —

طائفة تحتوى على توائم متماثلة ، والاخرى تحتوى على توائم متباينة ،
يكون أحد التوأمين فى كل مجموعة منها عميلقا .

وتوجد التوائم المتماثلة في شكل مزدوجات كسوفية ، وتقع في خريطة راسل على طول امتداد منطقة نجوم التتابع الرئيسى .

ومن هذه المزدوجات توائم غير عادية كرية الشكل بطيئة الدوران ، تشبه شمسنا شبا كبيرا .

وهناك مزدوجات أخرى أكثر شيوعا ، لها نفس الحجم ، ولكن النجوم المكونة لها أوثق قربا من بعضها البعض ، وأسرع دورانا وتدويرا . وقد أدى فرط سرعة دورانها إلى تشويه كرتها .

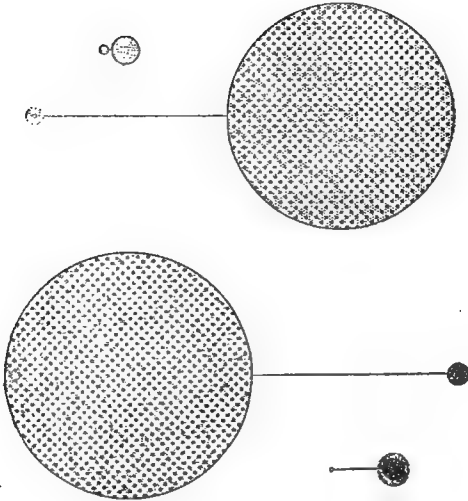
والزوج الثالث من برج رأس التوائم عبارة عن مجموعة كسوفية ، بطيئة الحركة ، تقع في خريطة راسل تحت التتابع الرئيسى .

وهناك نجوم أخرى لها نفس الحجم ووثيقة الارتباط بعضها ببعض ، حتى لتكاد أفراد المجموعة تتلاصق ، وتدور حول نفسها بسرعة هائلة .

والتوائم المتماثلة تقع على خريطة راسل على طول امتداد منطقة نجوم التتابع الرئيسى ومعظمها وثيق القرب بعضه من بعض ، وكثير منها في شبه تلاصق ، ومساراتها على الأغلب على شكل دائرة .

والتوائم المتباينة تبدأ من نجوم ألمع قليلا من الشعري اليمانية ثم تنحدر إلى ماتحت مجموعة التتابع الرئيسى ، ولكن من الصعب أن نحدد مدى هبوطها تحت هذه المجموعة . فإذا كان أحد النجمين المكونين لمجموعة ما قزما صغيرا خافتا ، فمن الصعب إكتشاف المجموعة لأن الكسوف الذى يحدث لها يكون قصير الأمد وغير ملحوظ .

ولا يزال باقيا علينا أن نتحدث عن أروع المزدوجات — تلك هى مجموعة العمالقة الكسوفية وكل مجموعة منها مكونة من زوج من النجوم البالغة الضخامة التى تشبه النجم سهيلا ومنكب الجوزاء وكلب العقرب



شكل (٧)

أربعة من المزدوجات العالقة ، ويلاحظ أن الشمس من الصغر بحيث لا يمكن إظهارها في الشكل وهذه المزدوجات الأربعة على الترتيب هي النجم السادس المتغير في كوكب الصليب الجنوبي، والنجم الأربعون المتغير في كوكبة قيفاروس ، والنجم العنز والنجم الجديان ، والنجمان الأخيران يمكن رؤيتهما في صورة كوكبة ممسك الأعنة .

(رسم هذا الشكل على أساس دراسات س جابوشكين)

وقد يلاحظ القارىء أننا لم نذكر بين المزدوجات الملحوظة أيا من العالقة
وغم أن نجم العيون له كل الصفات التى تؤهله لأن يكون مزدوجا ملحوظا .

ولكن لى نستطيع أن نرى « العيون » كنجم مزدوج ، علينا أن نتزود
بعينين صناعيتين تبعد إحداهما عن الأخرى عدة أقدام ، ويستخدم لهذا
الغرض جهاز بصرى يعرف باسم جهاز قياس تداخل الضوء .

وقد تبين أن العيون مكون من عملاقين توأمين يكاد أن يتماثلا حجما
ولمعاثا وثقلا ولونا ، وتستغرق دورتهما أحدهما حول الآخر ثلاثة أشهر ،
والنجمان المكونان للعيون نادرا الوجود ؛ والواقع أن العيون يعتبر من بعض
الوجوه فريدا فى نوعه فلسنا نعرف له مثيلا بين سائر النجوم .

وتحتوى كوكبة ممسك الأعنة — فضلا عن العيون — على نجوم
أخرى لا تقل عنه شأنا ، فإذا حدثت فيها فائما تنظر إلى مجموعة من أروع
التوأم النجمية المعروفة .

فمجموعة الجديان فى كوكبة ممسك الأعنة هى مزدوجة متباعدة ، والنجمان
المكونان لها على درجة واحدة من اللعان ، ولكن أحدهما نجم أزرق شديد
الحرارة يبلغ لمعانه قدر لمعان الشمس مائة ضعف وكتلته قدر كتلتها تسع مرات
وقطره مثل قطرها ثلاث مرات ونصفا ، وأما الآخر فهو من النجوم الضخمة
المنخفضة الحرارة التى تسمى العالقة العليا . وكتلته قدر كتلة الشمس
ست عشرة مرة . ولكن قطره قدر قطرها حوالى ٢٤٥ مرة — أى أنه يزيد
على مدار الأرض .

وقد شامت المصادقات السعيدة أن كان مدار نجم الجديان على وشك أن
يواجهنا بحافته ، فأمكننا بذلك أن نلاحظ بوضوح الكسوف حين يمر النجم
الكبير البارد أمام زميله وتستغرق دورتهما أحدهما حول الآخر ثلاث
سنوات .

ويحدث قبل الكسوف أن يخفت ضوء النجم الأزرق قليلا قبل أن يقع النجم الأحمر أمامه ، مما يجعلنا نرجح أن النجم الكبير محاط بمنطقة جوية ضخمة لا يقل قطرها عن ضعف قطر النجم نفسه .

وفي وسعنا أن نتصور وجود شبكة ضخمة من التواءات (الأسنة) تحوم فوق سطح النجم وأن لها من الكثافة ما يجعلها تمتص بعض ضوء النجم الآخر قبل أن يصل إلى حافة النجم الأكبر .

حين يقع الغلاف الجوي للنجم البارد في مواجهة النجم اللامع ، (الذي يقع إزاءك وراه) فإن هذا الغلاف يمتص من ضوء النجم اللامع طيفا معقدا كما يحدث لضوء الشمس حين يخترق جو الأرض .

وهناك مجموعة أشد روعة من مجموعة الجديان تلك هي مجموعة النجم المجاور لها وهي العنز .

وهي تتكون من نجمين يدور أحدهما حول الآخر كل ٢٧ سنة ، وألمعها يمانل الشمس لونا ودرجة حرارة ولكن قطره يعادل قطرها ٢٠٠ مرة فهو بذلك يعتبر من أكبر المعالقة العليا وألمعها .

وتدل دراسة طيفه على أن حوله طبقة جوية غاية في الرقة . أما رقيقه فلا يكاد يوجد له نظير بين سائر النجوم . فهو نجم يبلغ من البرودة والخفوت حدا إستحال معه لأحد أن يراه إطلاقا ، ولكننا نستطيع أن نكون صورة عنه ، وذلك عن طريق ملاحظة الكسوف الدوري الذي يحدث في النجم الأملع كل ٢٧ سنة .

وقطر هذا النجم — نغني النجم البارد — يفوق قطر الشمس أثنى مرة ، في حين أن كثافته تقل عن جزء من مليون جزء من كثافة الشمس .

وهكذا نستطيع أن نقبين من دراستنا لحالات «التزواج» بين النجوم كيف أنها تتفاوت فيما بينها تفاوتا عجيبا .

فقد وجدنا كل النجوم التابعة لسلسلة التابع الرئيسى توأم متماثلة ، تندرج من النجوم الساخنة اللامعة التى تبلغ وزنها قدر وزن الشمس ثلاثين أو أربعين مرة ، إلى النجوم « الضئيلة الباردة » التى قد ينحدر وزنها إلى خمس وزن الشمس .

والتوأم المتماثلة (إلا ما شذ منها) تدور بحيث يظل أحد النجمين وثيق القرب من الآخر . حتى ليكاد الزوجان المكونان للمجموعة أن يتلاصقا ، وينتج عن التجاذب الكبير بينهما أن يخرجنا عن الشكل الكرى .

ويوجد بين النجوم العملاقة والعمالقة العليا عدد قليل — قليل جدا من التوأم المتماثلة ، والعجيب فى أمر هذا النوع من النجوم أنه لا يكاد يوجد لها من النظائر بين النجوم المفردة — إن كان — إلا القليل النادر .

ولكننا رأينا — أيضا — نجوما من مجموعة التابع الرئيسى وقد تزوجت من نجوم مختلفة عنها كل الاختلاف ، رأينا إقترانا بين نجوم من مختلف أنحاء سلسلة التابع ، ورأينا نجوما كالغول ، لها رفيق بارد مختلخل وهو من العميلقات أى العمالقة الدنيا .

ورأينا مجموعات كمجموعة الشعرى اليمانية تحتوى على نجم من نجوم التابع الرئيسى مع قزم أبيض ، ومجموعة مثل مجموعة الجديان يتركب من نجوم لامع من نجوم التابع الرئيسى وعملق أعلى مختلخل .

كما رأينا أقزاما بيضاء مقترنة بنجوم التابع الرئيسى ، وأكثرها نجوما حمراء خافتة وأقلها نجوما زرقاء مثل الشعرى الشامية والشعرى اليمانية .

وقد أكتشفت حالات قليلة لأقزام بيضاء مقترنة بأقزام بيضاء . وقد تكون هذه حالات شائعة ، ولكن هناك صعوبة فى ملاحظة إكتشافها .

أما حالات الزواج بين العملاقة فأشد تنوعا ولا تتبع نظاما معينا مثل حالة العميون والنجم السادس المتغير في كوكبه الصليب ونجم العنز في كوكبة ممسك الإعنة .

وإذا صح أن النجوم المكونة للمجموعات التوأمية قد نشأت معا ، وعاشت معا — وهذا هو ما نعتقد — فإن المشكلة الحقيقية هو ما نراه من هذا الخليط العجيب من حالات الزواج بين نجوم تختلف أنواعها وتباين خصائصها .

فتطور خصائص النجوم إذن لا يمكن أن يعتمد على عمرها وحده ، أو تاريخها وحده . فقد لاحظنا أن النجوم المكونة لمجموعة نجمية ما ذات عمر واحد وتاريخ واحد ، ومع ذلك فقد إنتهت إلى ما نراه فيها من إختلافات يكاد يخطئها الحصر .

إن كل منظر من مناظر الإقتران النجمي التي عرضناها عليك ، لا يصور لنا إلا الخصائص الحالية بين النجمين المتزاوجين والعلاقة التي تربط بينهما ، ولكنها لا تدلنا على ما قد يكون ثمة من إختلاف في تاريخ هذه الأزواج المتباينة .

وهناك حقيقة في وسعنا أن تؤكد لها ، هي أن حركة الشد والجذب التي تحدثها النجوم البعيدة من شأنها أن يضعف قليلا من وثاقة الرابطة بين النجمين وتوسع الشقة بينهما شيئا ما ، ومن شأنها أيضا كما يلوح — أن تحيل المسارات الدائرية إلى مسارات بيضية .

ففي وسعنا أن نرى في المزدوجات الكسوفية الطيفية ، أزواجا من النجوم الشديدة التقارب ، تدور حول بعضها البعض في مسارات تكاد أن تكون دائرية . وتاريخ هذه المزدوجات أقصر من تاريخ المزدوجات المرئية التي تبعد النجوم المكونة لها بعضها عن بعض بعدا كبيرا .

ومن حسن الطالع أن الفروق بين النجوم يمكن أن تدرس على نطاق أوسع . وسننقل في الفصل القادم من دراسة المزدوجات إلى دراسة الأسر النجمية العظيمة ، التي ترتبط فيما بينها إرباطا شديدا لا يقل قوة عن إرباط المزدوجات .

وسنلاحظ أن دراسة الخصائص المشتركة للأسر النجمية تلقى فيضا من النور شأنه أن يساعدنا على إجتلاء معالم تلك الصور المتناثرة التي كشفت عنها دراستنا المزدوجات النجمية .

الفصل الرابع

الحشود النجمية

تتألق كوكبة الثور في سماء الشتاء . وقد أطلق هذا الاسم عليها منذ فجر التاريخ . والواقع أن (الثور) هو أحد أسماء الدواب التي أطلقها الأقدمون لبيان الطريق التي تسلكها الشمس بين النجوم — والتي تسمى منطقة البروج ، أو دائرة الدواب .

وقد أطلق البابليون القدامى على هذه الكوكبة إسم (الثور الأمامي) ، وكانت الشمس تلتقي بها في عهدهم في فصل الربيع — وتساعدنا هذه الحقيقة على تتبع تاريخ هذا البرج ، فقد أصبحت الشمس في عهدنا الحالي تمر عبر برج الحوت في وقت الاعتدال الربيعي .

وهذا التغير يدل على أن محور الأرض يتحرك تحركاً طفيفاً — أدى إلى تقدم موعد الاعتدالين ، كما أدى إلى تغير النجم القطبي من عصر إلى عصر .

فحين أطلق على كوكبة الثور هذا الاسم ، لم يكن النجم القطبي هو ذلك النجم المعروف لنا الآن ، بل كان نجم التنين .

ولكن علماء الفلك المحدثين يرون أن لكوكبة الثور أهمية تتعدى كونها جزءاً من مدار الشمس السنوي . فجل ما يستأثر إهتمام الفلكيين بهذه الكوكبة ، هو أنها تحتوي على مجموعات من النجوم ذات طابع معين يجعل لها أهمية خاصة في عالم السماء .

وتقع كوكبة الثور عبر الطريق اللبني : حيث يبلغ إحتشاد النجوم

أقصاه ؛ وإذا تفحصنا هذه الكوكبة وجدناها مكونة من مجموعات هامة من النجوم منها :

مجموعة الثريا : وليس منا من لا يعرف الثريا — فهي مجموعة من النجوم ترى بالعين المجردة ؛ وتبلغ في برج الثور ... كسرب نحل من ذهب ، - وأقصى ما يستطيع أن يبلغه منها ذو البصر الحاد ستة نجوم . ويحدثنا الأقدمون في خرافاتهم أنها كانت في الأصل سبعة ، هن بنات الإله أطلس ، ولكن إحداهن ضلت طريقها في أثناء فرارهن من الجبار ، وقد تحولن إلى سرب من الحمام السماوية . ولكن المرقب يظهر لنا عدة مئات من نجوم الثريا متجمعة مع بعضها البعض في غير إحشاد ، يتوسطها النجوم الستة المتألقة التي تدركها العين المجردة ، وترى هذه النجوم الستة متألقة فيما يشبه العقود .

هذا التجمع بين هذه المجموعة من النجوم لم يحدث عن طريق المصادفة، لأن كل منها على أبعاد متساوية منا ، وقد دلت القياسات أن هذه الكتل النجمية تتحرك معا عبر الفضاء كأنها فرقة تقوم برحلة جماعية حول طريق المجرة الضخم .

وقد تبين لنا في الفصل السابق أن المزدوجات النجمية لا يمكن أن تكون قد تألفت من قبيل المصادفة ، ولكنها كانت مثنى من البدء ، وستظل مثنى على الدوام . فما أخرى أن يصدق هذا على مجموعة النجوم في الثريا ، فهي مجموعة من النجوم تتحرك معا منذ البدء ، وستظل في حركتها الجماعية إلى ما شاء الله . ولأن هناك أدنى احتمال لدخول عامل المصادفة في تجمعها وفي حركتها مع بعضها البعض . وحسبنا دليلا على وحدة أصلها ما نراه من تجمعها معا ومن حركتها معا .

وفي وسعنا بمجرد التطلع إلى نجوم الثريا أن ندرك أنها تختلف عن بعضها

البعض في اللعان . وألمع نجم في هذه المجموعة يزيد لمعانه مائة ألف مرة على لمعان أخفت نجم رصد منها حتى الآن .

فلو أنه قدر لنا أن تقرب إلينا نجوم الثريا حتى لا يفصلنا عنها إلا قدر ما بيننا وبين الشمس من بعد ، لتبين لنا أن ألمع نجومها يربى لمعانه ألف مرة على لمعان الشمس ، بينما نرى أن درجة لمعان أختها لا تزيد على جزء من مائة جزء من لمعان الشمس . وهذا ما يفعله صاحب الفلك فعلا فهو يتصور في مخيلته أنه يصنف نجوم المجموعة كأنه يأخذ لها صورة عائلية .

وفي وسعه أن يقيس اللعان واللون ^(١) قياساً دقيقاً ، وبذلك يستطيع أن يهتدى إلى درجة حرارة كل نجم من نجوم الحشد ، وأن يحسب حجمه .

وتتضمن الصورة العائلية للثريا نجوماً تختلف فيما بينها أشد الاختلاف ، لا من حيث اللعان فحسب ، بل من حيث الحرارة والحجم أيضاً . ولكنه لاختلاف مطبوع بطابع الانتظام . فنجوم الثريا تكون فيما بينها سلسلة متدرجة تدرجاً منسقاً بديعاً خلافاً .

فألمعهم ضوءاً هن في نفس الوقت أكبرهن حجماً وأشدهن سخونة (أى أشدهن زرقة) . وتتلاحق تحتهم سائر النجوم ، متدرجات من اللعان إلى الخفوت ، ومن التكبر إلى الصغر ، ومن السخونة إلى البرودة .

والنجم الذي يمثل المسكاة الوسطى في نجوم هذه السلسلة أقرب ما يكون إلى الشمس حجماً ولعاناً ولونا .

(١) يقاس اللعان واللون باستعمال جهاز دقيق لقياس الضوء يسمى بجهاز قياس الضوء الكهروضوئي .

أما أكبرها فيبلغ حجمه تسعة أضعاف حجم الشمس ، وربما كانت درجة حرارة سطحه خمسة أضعاف درجة حرارة سطحها .

وأصغر ما يمكن رصده من نجوم هذه السلسلة يبلغ قطره نصف قطر الشمس تقريبا ، وأما درجة حرارتها فلعلها أكبر من نصف درجة حرارة الشمس .

وليس في وسعنا في الواقع أن نحدد أى نجوم هذه السلسلة يمكن أن يعتبر أصغرها حجما وأضعفها لونا ، فلعل من بينها نجوما كثيرة تبلغ من الخفوت حداً لا يسمح لنا بمشاهدتها .

والصورة العائلية لحشد الثريا تكاد تلاصق العمود الفقري لسلسلة التابع الرئيسي التي عرفناها من قبل . ونستطيع أن نشهد في هذه المجموعة نجوما مزدوجة يوجد بين الأفراد المكونة لها من الترابط ما بين نجمي مزدوج العواء أو مزدوج رأس التوأم المقدم . وتمثل في النجوم التي تتكون منها مجموعة الثريا الأشكال المختلفة والطبائع المتباينة التي يمكن أن تتطور إليها نجوم كانت لها في مبدأ الأمر أصل واحد ونشأة واحدة . وتنجلي لنا هذه الصورة على نطاق أوسع مدى بما نستطيع أن نظهره لنا دراسة المزدوجات .

ومجموعة الثريا تبلغ من الدنو منا حداً يسمح لنا بأن نعرف عنها حقائق تفصيلية غاية في الدقة والروعة . فنحن نعرف أن معظم نجومها فائقة اللمعان تلف حول نفسها لفا (تدوم تدويراً) سريعاً ، وبدراسة أطرافها عرفنا أنها في أثناء تدويرها تنثر حولها ذرات في الفضاء .

ولأحد النجوم المكونة لهذه المجموعة أهمية خاصة ، ونعني به النجم المنقودي . فقد أطلق هذا النجم من الطبقة الجوية المحيطة به فقاعات في الفضاء خلال الخمسين سنة الماضية ، ويحتمل أن يكون قد دأب على هذه (م - ٩ - نجوم)

العملية من تاريخ بعيد — ولعل هذا النجم كان في ماضيه السحيق أشد لمعانا مما هو الآن، وهو المسنول عن أسطورة « النجم المفقود في الثريا »، على أن ضوؤه لا يزال حتى اليوم يتذبذب في خفقات خافتة .

ويرى حشد الثريا من خلال السحب النجمية التي تعمل على تشتيت ضوئه . وليست هذه السحب متجانسة ، بل تعدو بين النجوم في شكل عروق وشرائط ضخمة ، ولم يتمكن أى مرقب حتى الآن أن يحلل هذه السحب تحليلاً دقيقاً يمتد إلى أدق خطوطها ، فقد بلغت من الرقة واللفظ إلى حد الخفاء .

ولعل النجوم المدومة قد قذفت في أثناء حركتها جزءاً من مادتها في الفراغ ، وقد وجد أن هذه المادة لا تتركب من ذرات على الأغلب ، ولكنها توجد على شكل كتل صلبة لامعة كالجليد ، تشتت الضوء ، ولعل الجزء الرئيسى منها كان على الدوام طائفاً بين النجوم .

وإذا كان حشد الثريا هو أقرب الحشود إلينا وأشدّها لمعانا ، فليس هو الحشد الفريد في الطريق اللبنى ، فهذا الطريق يموج بعشرات من هذه الحشود تنتثر في مختلف أجزائه ، مثل حشد ك الصليب الصغير ، الذى يحتل مكانه إلى جانب كوكبة الصليب الجنوبى بالقرب من سدم « جوال الفحم » ، الداكنة — ويعرف أهل الجنوب هذا الحشد باسم صندوق الجواهر .

ومن المحتمل أن تحتوى مجموعتنا النجمية على عدة مئات من هذه الحشود ، وكلها تتحرك في زقاقنا النجمى ، وتشارك في خصائص عائلية واحدة ، ولعل معظمها محجوب وراء سدم الفراغ النجمى .

(١) وقد يطلق عليها أحيانا اسم الحشود المفتوحة ؛ تميزها لها عن الحشود الكرية التى هى أشد إحتشاداً منها ، وهذه الحشود الأخيرة — كما سنرى — أعضاء من مجموعتنا النجمية كذلك . ولكنها لا تتحرك في أزقة الطريق اللبنى أو المجرة .

وقد أطلق على الحشود التي تشبه الثريا اسم الحشود المجرية^(١) لأنها تعمر الطريق اللبنى

حشد القلاص : ولكن هناك حشودا مجرية أخرى لا تشبه الثريا ، فهناك حشد القلاص وهو من الحشود التي تشاهد في كوكبة الثور .

ونجوم هذا الحشد أشد تألقا ، وبينها نجم لامع يسمى الدبران ، يمثل أنف العجل السماوى .

وهذا الحشد أيضا هو بمثابة فرقة من النجوم ، وثيقة القرب بعضها من بعض ، تسبح في الفراغ كجماعة متحدة .

على أن الدبران ليس من نجوم هذه الفرقة ، ولكن تصادف أن وجد على الخط الواصل بيننا وبينها فحسبناه لذلك منها وهو ليس منها ، لأن له حركة تخالف حركتها .

وحشد القلاص كحشد الثريا يحتوى على مئتين نجم . ولو أتبع لنا أن نقرب هذا الحشد حتى نجعله في صف الشمس ، (كما فعلنا في حشد الثريا) ، لرأينا أن بين هذين الحشدين بونا شاسعا : فألح نجوم القلاص يفوق لمعان الشمس بمالا يزيد عن مائة مرة^(٢) ولا تبلغ سخوته مبلغ سخونة ألمع نجوم الثريا . والصورتان العائليتان لهاتين المجموعتين ليستا متشابهتين .

ويقع معظم نجوم القلاص على حافة منطقة نجوم التاج الرئيسى ، في خريطة راسل ، ولكن هناك عددا غير قليل منها تقع بعيدا عنها .

كما أن حشد القلاص يحتوى على كثير من النجوم المعالفة الحر (والواقع

(٢) قارن بينه وبين ما ذكر عن ألمع نجوم الثريا .

أن هذه العماقة هي ألمع نجوم هذا الحشد) وهي أكبر من الشمس بكثير ، وأكبر من ألمع النجوم الزرقاء في هذا الحشد .

على أن هذه العماقة الحمر لا توجد بكثرة ، (فالغالبية العظمى من نجوم هذا الحشد من نجوم التابع الرئيسي كما ذكرنا) ، ولكن لاشك في وجود هؤلاء العماقة الحمر .

وها نحن أولاء قد بدأنا نكتشف إختلافا بين أفراد هذا الحشد من النجوم ، على إتحاد نشأتها وتاريخها ، وهو إختلاف يذكرنا بما وجدناه في المزدوجات النجمية التي عرضناها في الفصل الماضي ... وها نحن أولاء نرى نجوما من التابع الرئيسي وقد تأخت ، لا مع نجوم من نفس الفصيلة ، ولكن مع نجوم أكبر حجما وأقل كثافة .

وبعض نجوم حشد القلاص مزدوجات توأمية (مثان نجمية داخل حشد نجمي) .

وعبنا نحاول أن نجد في هذا الحشد سدما متألفة كذلك التي وجدناها تعرقل رؤية نجوم حشد الثريا . فنجوم القلاص لا تعرقلها أى جدائل معينة ، على أن هناك من الدلائل ما يؤيد وجود مادة داكنة منتشرة بين النجوم . والنجوم الحارة وحدها هي التي تستطيع أن ترد ضوء السدم الداكنة وتظهر لنا سحبا لامعة .

وليس بين حشد القلاص نجوم بلغت من السخونة هذا الحد . ومع ذلك يشبه في أنها — هي أيضاً — تتحرك في سحاب من تراب .

وفي حشدي الثريا والقلاص تظهر لنا الخصائص العائلية البارزة لجميع الحشود السديمية . ففي هذين الحشدين نجد دائماً عموداً قريبا لنجوم التابع الرئيسي التي تبدأ من النجوم الساخنة الكبيرة اللامعة وتندرج نزلا إلى النجوم الباردة الصغيرة الخافتة .

ويضاف إلى هذا العمود الفقرى من نجوم التابع الرئيسى نسب متفاوتة من العمالة الباردة — وقد توجد هذه العمالة بمقادير ضئيلة كما هو الحال فى حشد القلاص، كما قد توجد بمقادير أكبر ، وأخيرا ينعدم وجودها إطلاقا ، كما ينعدم فى حشد الثريا .

الحشد المزدوج فى كوكب فرساوس : يعتبر الحشد المزدوج فى كوكبة فرساوس من أبداع الحشود المجرية . والمسافة التى تفصلنا عن هذه المزدوجة تبلغ من العظم حدا يصعب معه تقديرها ، ولازلنا حتى اليوم عاجزين عن حسابها بالدقة .

ولكن الذى نعرفه فعلا عن هذين الحشدين ، أن نجومها اللامعة تعد من أشد النجوم المعروفة تألقا . فلبعائها أشد من لمعان الشمس بما يتراوح بين عشرة آلاف مرة ومائة ألف مرة .

والعمود الفقرى لتتابعها الرئيسى يسمو إلى نجوم تبلغ هذه المرتبة من اللمعان ، وتزيد درجات حرارتها عن درجة حرارة ألمع نجوم الثريا .

وقد كان نتائج البعد السحيق الذى يفصلنا عن هذين الحشدين أننا لم نتمكن حتى الآن من أن نرى فيها نجوما ذات لمعان يعادل لمعان الشمس ، وإن كنا لانجد ما يدعونا إلى الشك فى أنها تحتوى أمثال هذه النجوم .

على أن أعجب الخصائص العائلية التى نشهدها فى هذين الحشدين التوأمين فى برج فرساوس هو أنها تحتوى على عدد كبير من العمالة العليا الحمراء ، فعدد ما تحتويه منها يبلغ ٢٤ عملاقا ، يشبه كل منها — من حيث الحجم واللمعان — النجوم الحمراء العظمى المكونة للعمالة الكسوفية مثل نجم الجديان ، ف فى قيفاي ، والنجوم اللامعة الحارة هى بمثابة نواة مزدوجة محكمة لمجموعة أكبر تحيط بالحشدين ، وتنفشر حولها هالة عظيمة من النجوم الحمراء .

والحشد المزدوج فى فرساوس يلفت بسدم كثيفة . ومن أعقد المشاكل

التي نجابها في محاولتنا قياس بعدها عنا هو أن نحتال على إزالة أثر السحب التي تشملها وتخفيها . والضوء الذي تنأق به ألمع نجومها يشي بوجود ألسنة أو أغلفة ضوئية ضخمة حولها، ولعلها ناشئة عن مادة تسكبها تلك النجوم في الفضاء أو لعلها السحب التي تعيش بين النجوم وقد إنجذبت إليها .

وقد عرف من هذه الحشود المجرية بضعة مئات ، توجد كلها في عمر المجرة الأعظم، وكلها فرق من النجوم تتحرك جماعات وكل منها تكون عائلة، بكل ما تنسج له هذه الكلمات من معنى : أصل واحد، تاريخ واحد .

ولما كانت تتحرك في الزقاق الرئيسي حيث يبلغ التراب والضباب أقصى كثافتهما ، لم نستطع أن نرى إلا أقربها إلينا — ولعل ما أمكننا رؤيته منها لا يتعدى ١٠ ٪ من مجموعها . على أن وسعنا أن نتخيل بضعة ألوف من أمثال هذه الحشود تتحرك حول الطريق اللبني ، وتتكون من مئات الآلاف من النجوم المكونة لها ، وكلها ذات خصائص عائلية تقشابه في النواحي العامة ، ولكنها تختلف في نسبة ما فيها من صنوف النجوم التي تتفاوت فيما بينها من حيث اللعمان والحجم واللون .

والنتائج الرئيسية في الحشود المجرية يهبط نزلا إلى نجوم صغيرة باهتة حمراء ، ولكن العدد لا يزيد بسرعة إذا نحن إنحدردنا إلى ماتحت النتائج . ونستطيع بعبارة أخرى أن نقول أن نجوم الحشود المجرية تشبه النجوم المنعزلة المجاورة لنا والتي تقع في منطقتنا من حيث النوع ، لا من حيث عددها النسبي .

والحشود التي تشبه الثريا والقلاص تلفت أنظارنا لأنها أشد إزدحاماً بالنجوم من المناطق التي توجد فيها .

على أن هناك طائفة أخرى من الحشود متناثرة ومتباعدة بعضها عن بعض ، وقد أمكننا تمييزها لأن النجوم المكونة لها تبعد عنا بمقادير تكاد تكون متساوية ، ولأنها تتحرك في الفضاء في نفس الاتجاه وب نفس السرعة .

فعظم النجوم المكونة للدب الأكبر تكون حشدا حقيقياً ، والمدحش أن الشعري البمانية تنتمى لهذا الحشد ولا يمتنعنا عن الشعور بهذه الحقيقة إلا أننا نعيش في داخل هذا الحشد أو نكاد .

ويطلق على هذا الحشد إسم حشد الدب الأكبر ، وله نفس الخصائص العائلية التي تتميز بها أى حشد مجرى .

وهناك مجموعات أخرى من النجوم تقع من بعضها البعض على مسافات أشد تباعداً — وهى النجوم التي أطلق عليها الفلكي الروسي أمبارتسوميان Ambartsumian إسم المرتبطات النجمية ويبدو أنها تتكون من مجموعات من النجوم متباعدة ، متناثرة بين عدد أكبر من النجوم الدخيلة عليها .

وأكبر الظن أن معظم النجوم الحارة الساخنة الفائقة التألقي ، التي تنتشر حولها أجزاء من مادتها في الفراغ ، تنتمى إلى هذه « المرتبطات النجمية » ، وأن النجوم المكونة لها موزعة في نطاق ضخم حول حشد — أو عدة حشود — مجرية متماسكة .

والواقع أن الحالة العظمى المكونة من المعالقة العليا التي تكتنف الحشد المزدوج في كوكبة فرساوس هى في رأى أمبارتسوميان « مرتبطات نجمية » .

فاذا صح أن هذه المرتبطات المكونة من نجوم ساخنة لامعة هى في الحقيقة مجموعات طبيعية — وهذا ما تؤيده الملاحظة كل التأيد — ففي وسعنا إذن أن نعتبرها عائلات نجمية ذات أصل واحد وتاريخ واحد ، شأن الحشود المجرية .

وأكبر الظن أنها لا تطلعنا إلا بأبع أعضائها ، ولا يظهر لنا الجزء الأدنى من سلسلة التابع الرئيسى إلا في الحشود المتماسكة التي تتوسطها . ولا بد أنها

تمثل تاريخاً أو مرحلة من الحياة تختلف عن الحشود النجمية التي تشبه حشد الثريا.

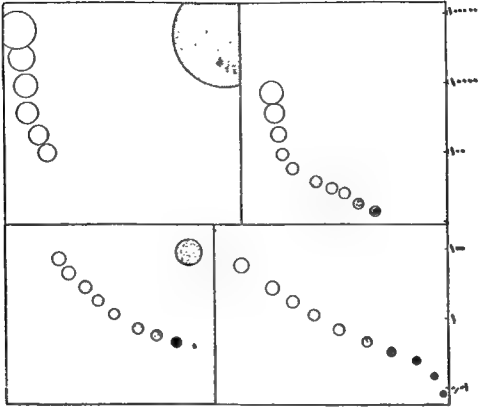
إن عدد الحشود المجرية المعروفة جد كبير ، ولكنه يعتبر صغيراً إذا قورن بسائر النجوم الأخرى . فنسبة عدد النجوم المنتمة إلى الحشود المجرية التي أمكن تمييزها لا تزيد على واحد في الألف من مجموع النجوم ، وأما ما ينتمى منها إلى مرتبطات نجمية فنسبة وجودها أقل .

ومن المحتمل جداً أن هناك عدداً كبيراً من الحشود الصغيرة التي لا تسترعى النظر . وقد لا يكون في وسعنا أن نرسم خطأ حاسماً واضحاً بين نجوم الرباعي المماسك وبين مجموعة رأس التوأم المقدم بنجومها الستة المكونة من ثلاثة مزدوجات وثيقة الاتصال بعضها ببعض ، كما أننا لا نستطيع أن نميز بين مجموعة رأس التوأم المقدم وبين مجموعات رجل قنطورس ، والعواء ، والشعرى اليمانية .

والواقع أن تقسيم المزدوجات إلى مئان منظورة وأخرى طيفية وثالثة كسوفية ليس إلا تقسيماً مفتعلاً مبنيّاً على وسائل كشف هذه المزدوجات لا على طبيعتها .

والواقع أنه من المحتمل أن تمتد مجموعات النجوم المتألّفة على طول الطريق الذي يبدأ بأخصب الحشود المجرية وينتهى زلّاً إلى مزدوجات النجوم الكسوفية الوثيقة الارتباط .

وقد أعطى لهذا الرأي كثير من الإعتبار ، فجمعت الصفات العائلية للجموعات المجرية في إطار واحد أو صورة واحدة ، وألف بينها وقورن بالسمات العائلية المختلفة لجميع مانعرفه من المجاميع الثنائية والمجاميع المتعددة — وقد لوحظ أن الصفات الرئيسية تتشابه تشابهاً عجبياً ، والواقع أن المزدوجات تتضمن كل أنواع النجوم المعروفة .



(شكل ٨)

صورة عائلية لثلاثة من الحشود المجرية :

إلى أعلى من اليسار ، حشدا فرساوس التوأمان .

إلى أعلى من اليمين ، الثريا .

إلى أسفل من اليسار ، القلاص .

إلى أسفل من اليمين ، ترى مجموعة نموذجية من نجوم مفردة غير

منتمية إلى حشود .

وتظهر لنا أحجام النجوم في الشكل مصفرة بالنسبة التقليدية . ولم نحاول أن نظهر جميع أفراد النجوم في أى من الحشود الميئة في الشكل ولكننا حرصنا على تمثيل المدى الملحوظ كله .

والأرقام التي إلى اليمين تظهر اللعان مقدرا بلعان الشمس ودرجة التظليل تدل على درجات الحرارة ، وهو ما اتبعناه في سائر الأشكال .

صحيح أن الحشود المجرية تبدو خالية من الأقزام البيضاء ، بل إنها تبدو خالية كذلك من نجوم التابع الرئيسي الخافتة . ولكن أغلب الظن أن يكون مرد ذلك إلى بعد معظمها بعداً شاسعاً لا يسمح لنا ملاحظة هذه النجوم — إن وجدت .

على أنه يوجد بين الحشود المجرية ما يحتوى بين أفرادها على عدد قليل من الأقزام البيضاء ، مثل مجموعة القلاص ومجموعة فرساوس .

ويمكن أن نمضى في نفس هذه العملية خطوة أخرى إلى الأمام ، وإن لدينا معلومات وافرة عن النجوم المستقلة التي توجد في الفضاء قريباً منا . ففي وسعنا على ضوء هذه المعلومات — أن نعين الخصائص العائلية العامة التي تشترك فيها هذه النجوم — وسيوفر لنا هذا البحث عن حقيقة رائعة ، سنجد أن صورة جيراننا النجوم في مجرى الطريق اللبى تشبه كثيراً الصورة العامة للنجوم المكونة للمجموعات المجرية والمزدوجات (شكل ٨)

فالشكيلات المتنوعة للنجوم المستقلة تتمثل كلها في الصورة التي نراها في المجموعات المزدوجة والمجموعات المتعددة والحشود المجرية .

إن هذه الجماهير الضخمة من النجوم ، التي تبلغ عشرات الملايين أو مئاتها ، والتي تتحرك حول طريق المجرة ، تكون عائلة كبيرة ، ونحن بصدد تجميع الأجزاء التي تتركب منها صورة هذه العائلة .

وفي وسعنا أن نخطو خطوة أخرى . في وسعنا أن نحصى النجوم التي تمثل أجزاء مختلفة من الصورة ، لنعلم أيها أكثر عدداً ، وأيها أقل شيوعاً ، فإذا أدخلنا في حسابنا عامل المسافة (الذي يحملنا لأول وهلة على الغلو في تقدير عدد النجوم اللامعة) ، لوجدنا أن معظم جيراننا الأقربين من النجوم التي تقع في هذه الصورة أخفت من الشمس ضوءاً ، وأصغر حجماً وأقل حرارة .

وأما النجوم التي يفوق لمعانها لمعان الشمس فأندر وجوداً ، ويقل عددها كلما زاد لمعانها .

وأما العماقة (وخصوصاً العماقة الصفراء من أمثال العين) فقير شائعة وأما العماقة العليا فإن عددها من الضلالة بحيث يمكن إعتبارها كما مهلاً إذا ما قورنت بالعدد الكلى للنجوم .

ويجب أن لا ننسى ما لاحظناه من قبل : وهو أن عدد النجوم الخافتة الباردة في الحشود المجرية أقل منه نسبياً في المجتمع النجمي ككل .

والعجيب أن معظم الضوء الذي ينبعث من النجوم القريبة إنما يصدر عن النجوم الخافتة ، وذلك راجع إلى تفوقها العددي . فالنجوم المستقلة التي لا تدخل في تركيب الحشود النجمية تنفث في النجوم التي هي دون الشمس لمعانا .

صحيح أن العماقة العليا المستقلة تصدر إشعاعاً عظيماً ، ولكنها من الندرة العددية بحيث أن الضوء المنطلق منها لا يعد شيئاً مذكوراً بالقياس إلى الضوء الكلى .

ولما كنا نعيش في داخل مجموعتنا النجمية ، فما أكثر ما يفوتنا إدراك مدى أهمية هذه الحقيقة في محيطنا المحدود .

ولكن حين يكون مجال دراستنا مجموعة نجمية تشبه مجموعتنا في تركيبها (وسنرى أن هناك ملايين من هذه المجموعات) فن المهم أن نذكر جيداً أن معظم الضوء المنبعث منها إنما يصدر عن نجوم تبلغ من الخفوت حداً نعجز معه عن رؤيتها .

هذه المجموعة من النجوم التي فرغنا تواً من تخيل صورتها ، هذه المجموعة

التي تتحرك معظم النجوم المكونة لها في عمر مجرتنا الدائري العظيم ، ليست إلا عائلة واحدة من العائلات النجمية .

ولكن هناك نجوما أخرى ، وهي النجوم التي أطلقنا عليها إسم النجوم الشاردة ، المتسككة ، تتخذ في حركتها اتجاهات تختلف عن بعضها البعض أشد الاختلاف ، كما أنها تختلف عن بعضها البعض في نظام توزيعها وفي خواصها .

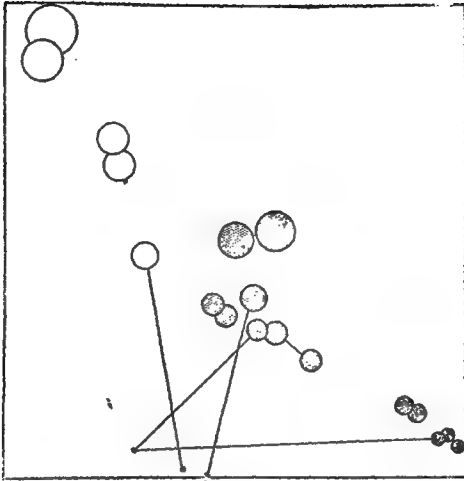
ولكى نستطيع أن نميز تميزا عاما بين هاتين الطائفتين من النجوم ، أطلق عليها إسم المجرة الأولى والمجرة الثانية .

وليس المجرة الأولى إلا تلك الطائفة من النجوم التي درسناها ، وقد رأينا صورتها العالية المميّزة ، ووضعنا حركتها الرتيبة حول طريق المجرة في المعمر النجمي المفعم بالتراب والدخان .

وأما النجوم التي تمتاز المدار الكبير متخذة في حركتها كل الاتجاهات فنعرف باسم المجرة الثانية^(١) .

وستكون مهمتنا بعد هذا أن نضع الخطوط الأولى للصورة العائلية لهذه الطائفة الأخيرة من النجوم ، لنرى ما إذا كان يمكن رد الفروق البارزة من هاتين المجهرتين إلى فروق في المولد أو التاريخ أو السن .

(١) كان أول من أطلق مذهب الإسمين - المجرة الأولى والمجرة الثانية - على هاتين الطائفتين من النجوم هو باده Baade . وسنرى فيما بعد أن هاتين التسميتين لا تعبران عن مجرد طائفتين متمايزتين في الخواص لحسب ، بل عن طائفتين متفاوتتين متفاوتتا يجعلهما على طرفي قيعض .

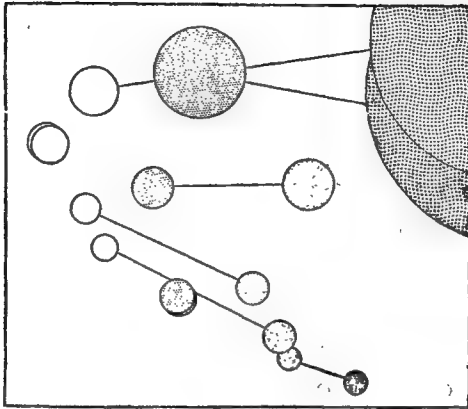


(شكل ١٩)

الروابط بين أفراد المزدوجات الملحوظة . النجمان المفردان ذو
الرفيقين القزمين الأبيضين هما الشعري اليمانية والشعري الشامية .
والنجوم الثلاثة المستراطة هي مكونات أدعى النعام . والزوج
العملاق هو الليون . وأحجام النجوم مصفرة حسب مقياس الرسم
التقليدي .

المحتوى الكمية

في برج قنطورس ، يوجد شيء يبدو للعين المجردة معتما يغشاها الضباب ،
وقد ظن باديء ذي بديء أنها نجم وأطلق عليه اسم أوميغا قنطوري (اللوحة
١١ .) فلما رصد بالمظار تكشف عن حقيقة من أروع ما إنطلوت عليه
عوامل السماء .



شكل ٩ (ب)

الروابط بين أفراد المزدوجات الكسوفية . النجوم المترابطة يصل بينها خطوط مستقيمة الأحجام مصفرة حسب مقياس الرسم التقليدي . درجة التظليل تناسب عكسيا مع درجة الحرارة (أساس فكرة هذا الشكل معتمد على بحوث س. جابوشكين) .

فقد تبين أن هذا ، النجم ، ليس في الواقع إلا كرة عملاقة من النجوم مسطحة نوعا ما ، والمظنون أنها تدور حول نفسها ، وتحتوى على عدد من النجوم لا يحصى العدد ولا يمكن أن يقل عن مئات الألوف ، وربما تبلغ الملايين .

وقد أمكننا أن نحصى كثيرا من النجوم ، ولكن الأغلبية الساحقة منها خارجة عن دائرة الملاحظة وأبعد من أن يتناولها نطاق الرؤية .

ويبلغ لمعان هذا الحشد ، قدر لمعان الشمس مليون مرة . وإذا صح أن أغلبية نجومه أخفت من الشمس ضوءا - كما هو الشأن في النجوم التي تقع في جيرتنا - فلا بد أن يزيد عدد أفرادها على المليون .

وأوميجا قنطوري يعتبر حشدا كريا نموذجيا ، والمحتمل أنه ذو حجم يفوق المعدل ، وهو وثيق القرب منا إلى درجة غير مألوفة في غيره من الحشود الكرية .

وعدد الحشود الكرية المعروفة في مجموعتنا النجمية يبلغ حوالى المائة - وربما كان هناك مائة أخرى غمت علينا بسبب بعد المسافة أو كثافة الغبش .

على أن الأغلب الأعم في الحشود الكرية أنها لا تخفى علينا ، شأن الحشود المجرية ، لأنها لا تنتشبت بطبقة التراب المركزية في المجرة ، ولا تنحصر نفسها في طبقة مسطحة ، وإنما ترتب نفسها في نظام أقرب إلى الشكل الكرى الذى يحدد مجموعتنا النجمية .

لذلك تيسر لنا أن نرى الكثير منها أعلى الطريق اللبنى وأسفله ، لامن خلال طبقة التراب الكثيفة التى يلتحف بها مجرتنا المسطح (الطريق اللبنى) .

وتقع الحشود الكرية على مسافات كبيرة أعلى الطبقة المركزية وأسفلها وتسللك طرقا تقطع تلك الطقة في جميع الاتجاهات .

والحشود الكرية هى فرق من النجوم شديدة الضخامة مردحة بالنجوم ، تتحرك عبر الممرات الدائرية لنجوم المجرة الأولى .

وحركتنا الدائرية السريعة تجعلنا نتخيل أننا نقرب من هذه الحشود

الكريّة - أو أنها هي التي تقترب منا - في إتجاه واحد. فهي تبدو كمجموعة وكأنها تسلك الطريق العكسي. ولكن هذا ليس إلا وهما.

فكما أن راكب القطار يرى الأشياء وكأنها تتراجع إلى الوراء، وكذلك تبدو مجموعة الحشود الكريّة كأنها - ككتل - تطير إلى الوراء بسرعة كبيرة. فإذا أدخلنا في تقديرنا حركتنا حول مدار المجرة، فإن مجموعة الحدود الكريّة (ككل) تبدو وكأن لها حركة دائرية ضئيلة حول طريق المرور الدائري^(١).

وبرغم ضآلة حركتها الدائرية حول المجرة (إذا نظرنا إليها ككل)، فإن كل حشد من هذه الحشود يتحرك حركة فائقة السرعة، حتى يمكن مقارنتها بحركتنا نحن حول مجرتنا ولكنها لاتتخذ لنفسها مسارا مرسوما مفهوما، بل تتجه في كل اتجاه، وتخترق طريقنا منحرفة بأي زاوية، ومن هنا اتخذت في توزيعها هذا الشكل الكري الذي تعرف به.

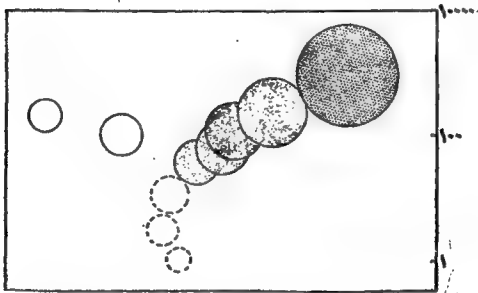
وسنرى فيما بعد إن شاء الله أن هناك نجوما مستقلة منفردة لاتسير في اتجاه طريقنا، وتكون موزعة على نسق يشبه توزيع الحشود الكريّة.

وسنرى أنه بقدر تمرد هذه النجوم على قانون المسار الدائري، يكون توزيعها في مجموعة كثيفة تتخذ لها شكلا أقرب مايكون إلى الشكل الكري، بدلا من تجمعها في طبقة رقيقة داخل حشد التراب المركزي.

(١) من الصعب أن نقين ما إذا كان للحشود الكريّة (كمجموعة) حركة دائرية كلية ولكن توزيعها حول الأشياء الأخرى يوحي لنا على الأقل بأن لها حركة وإن تكون صغيرة نوعا.

فلنستعرض من الآن أفراد أحد الحشود الكرية لنلتقط لها صورة عائلية. إن الحشد الكرى الذى تحدثنا عنه ، وهو أوميغا قنطورى لم تنهأ له الظروف بعد لوضع صورته العائلية . ولكن هناك كثيراً من الحشود الكرية التى تظهر فى نصف الكرة الشمالى قد أمكن تصويرها بدقة ، مثل الحشد الأعظم فى كوكبه الجائى .

وتختلف الصورة التى تجمع أفراد هذا الحشد إختلافاً ينفياً عن صورة الحشد المجرى (أظفر شكل ١٠) .



شكل (١٠)

صورة عائلية نموذجية لحشد كرى . الدوائر المتقطعة حدسية إلى حد ما .
 الغالبية العظمى للنجوم الالامعة فى الحشد تتبع بانحراف الخط الذى يمر
 من أعلى اليمين إلى أسفل اليسار . ولا يظهر فى الشكل إلا قليل من هذه
 النجوم . وأحجام النجوم مصفرة طبقاً لمقياس الرسم التقليدى . اللعان
 مبين إلى اليمين ، علماً بأن وحدة اللعان هى الشمس .

والمع نجوم هذا الحشد ألمع من الشمس ، بما لا يقل عن ألف مرة ، فهو
 أقل لمعاناً من ألمع نجوم الحشود المجرية . والاعجب من هذا أن ألمع النجوم
 (م ١٠ - نجوم)

هى أشدها حمرة وأبردها وأكبرها ، وليس أشدها زرقة وسخونة كما هو الشأن فى كوكبة الثريا .

على أن هناك حشودا كرية قليلة تختبئ على نجوم زرقاء ، ولكنها نادرة جدا . إن وجود هذه النجوم الزرقاء فى الحشود الكرية أندر من وجود العايقة الحمراء فى الحشود المجرية

والتباير الشديد بين الصورة العائلية للحشود الكرية والصورة العائلية للحشود المجرية واضح سافر لا يكاد يخطئه أحد .

وهناك فروق أخرى بين هذين النوعين من الحشود تناول التفصيلات والدقائق ولسنا نرغب الآن فى الإفاضة فيها . وهى على أى حال فروق تبين أن إختلاف هاتين المجموعتين من النجوم هو خلاف شامل عميق يتناول التفاصيل كما يتناول النواحي العامة .

وقد أسفرت الدراسة التى قام بها أرب Arp ، وباوم Baum ، وسانداج Sandag على الحشود الكرية نتائج لها دلالات خطيرة ، فألح نجوم هذه الحشود تسير فى تناج يبدأ من النجوم اللامعة الكبيرة الحمراء وينتهى بالنجوم الخافتة الصغيرة الباردة — وهذا ما يئنه شابلى Shapley منذ عدة سنوات . فكأنها فى الواقع تسير فى عكس الإتجاه الذى تخطته نحو التناج الرئيسى التى تتكون منها السلسلة القمرية للصورة العائلية للحشد المجرى .

وقد أثبتت النتائج الجديدة أن الصورة تقرب من نجوم التناج الرئيسى فى منطقة النجوم التى هى دون الشمس لمانا ، فإذا هبطنا عن هذه المنطقة بدت صورتان وكأنهما قد إنطقتا إحداهما على الأخرى .

وكذلك تختلف الحشود الكرية عن الحشود المجرية من حيث مسلك

النجوم المكونة لكل من الفصيلتين . فكثير من الحشود الكرية غنية ببعض أنواع النجوم المتغيرة — مثل نجوم ر . ر . السلياق السريعة الخفقان ، والتي لا تزيد دورة خفقانها عن يوم واحد ، ومثل النجم ر . ف . الثور والمذواء وهما أبداً خفقانا من ر . ر . السلياق ولهذين النجمين منحنيات ضوئية خاصة وطيف مميز .

ولا يكاد يكون هناك وجود للنجوم المتغيرة في الحشود المجرية ، إلا فيما ندر ، كالنجوم القيفاوية التي تحدثنا عنها في الفصل الأول . ولكن أنواع المتغيرات الشائعة في الحشود الكرية منعدمة تماماً عن الحشود المجرية .

كما أن عدد النجوم المتغيرة في الحشود الكرية يختلف بين مجموعة وأخرى . فبعض الحشود يحتوى على ماينوف على مائة نجم من نجم ر . ر . السلياق .

وبعضها يحتوى على قليل منها ، وبعضها لا يحتوى على شيء إطلاقاً . وكذلك يختلف توزيع فترات التذبذب بين حشد وحشد .

وقد دلت دراسات فلكى مرصد « مونت ويلسن » للصور العائلية للحشود الكرية ، بما لا يدع مجالاً للشك ، على أن إختلاف الخصائص المميزة للنجوم المتغيرة مرده إلى إختلاف في توزيع النجوم خلال منطقة التابع الرئيسى ؛ ذلك التوزيع الذى يتدرج من الأزرق إلى الأحمر ، ومن اللامع إلى الخافت .

وبهذا الإكتشاف نكون قد وضعنا أيدينا على مفتاح يكفل لنا إظهار إختلافات السن والتاريخ بين الحشود الكرية ، وإن كان هذا المفتاح لم يستغل بعد

أن أوميغا قطور من نفسه ، هو واحد من أقرب الحشود الكرية إلينا ، هو من البعد عنا بحيث يصعب ملاحظة ما فيه من النجوم التي تزيد على الشمس لمعانا ، أما النجوم التي يقل لمعانها عن لمعان الشمس فلا يمكن تلسمها إطلاقا . وليس لدينا أى مجال للشك فى أن هذا النوع من النجوم — أعنى التي يقل لمعانها عن لمعان الشمس — هى الأكثر شيوعا فى الحشود الكرية كما أنها هى الأكثر شيوعا فى منطقتنا . ولكن معلوماتنا الحالية عن عددها وخواصها لازال ضئيلة جدا .

ورأى الشخصى هو أن الصور العائلية للحشود الكرية والحشود المجرية وإن كانت تختلف عن بعضها البعض فى النجوم الالامعة ، تتداخل فى بعضها فى النجوم الخافتة ، كما أن هاتين الفصيلتين من الحشود النجمية تستقران على قاعدة واحدة (إن صح هذا التعبير) ثم تنفرعان فى الطبقات العليا وتتخذ كل منها وجهة تخالف الأخرى .

وسأسمح لنفسى هنا أن أقفز إلى نتيجة سيرد ذكرها فى ختام فصل من الفصول التالية . سأجرؤ فأقول إن إختلاف النجوم الالامعة فى الحشود الكرية عنه فى الحشود المجرية يرجع إلى عامل السن ، ففى الحشود الكرية (أو ماسميها بالجمهرة رقم ٢) تظهر لنا صورة عائلة من النجوم أكبر سنا من الحشود المجرية (أو ماسميها بالجمهرة رقم ١)

والنجوم الالامعة لا تستهلك بنفس الطريقة التى تستهلك بها النجوم الخافتة فالنجوم الشديدة اللمعان — أو النجوم المسرفة — تستهلك ذاتها مبكرا . أما النجوم الخافتة — التي يقل لمعانها عن الشمس — ، فتقتصد فى الإنفاق من رصيدها متى تيسر لها الإستمرار فى اللمعان ، فلا يؤدى مرور الزمن إلى إحداث تغير كبير فيها . أما الأساس الذى بنى عليه هذا الإستنتاج فزجى . يئانه إلى فصل تال .

وقد سبق أن رأينا أن الصورة العائلية للحشود المجرية تتألف من جميع الصور المركبة من النجوم التي تتحرك حول مدار المجرة . على أن هناك مجموعة أخرى من النجوم تغطي صورة مركبة هي أشبه ما تكون بصورة الحشود الكرية — تلك هي النجوم المستقلة المنعزلة التي تتحرك عبر طريق المجرة « أى النجوم ذات السرعة الفائقة » .

وقد رأينا أن حركة معظم النجوم التي تقع في محيطنا هي أشبه ما تكون بحركة الشمس ، فهي تطفو حول المجرة في داخل « الشطيرة » — السندوتش — المركزية المكونة من الأراب والضباب ، ولكن بعض النجوم تخترق طريقنا صانعة زوايا مختلفة ، شأنها في ذلك شأن الحشود الكرية ، وهي تبدو لنا أيضا — وكأنها تشير في جميع الاتجاهات ، لأننا نرى فيها انعكاس حركتنا نحن حول مركز المجرة وهي في الواقع تلتف حول المجموعة النجمية في جميع الاتجاهات وتتخذ حركاتها مختلف الزوايا .

ويطلق على هذه النجوم اسم النجوم ذات السرعة الفائقة ، ولو أن سرعتها ليست أكبر من سرعة الشمس ، ولكن لما كنا نتحرك مع التيار الرئيسي فإن سرعات هذه النجوم التي تتحرك عبر طريقنا وتختط لنفسها مختلف الجهات تلوح لنا أكبر مما هي .

وتتضمن هذه النجوم ذات السرعة الفائقة أنواعا عدة ، فإذا حاولنا أن نجتمع أشتاتها وتؤلف منها صورة عائلية موحدة ، حصلنا على صورة هي أشبه بصورة الحشد الكري منها بالحشد المجري .

ف هناك نجوم متغيرة من نفس النوع الذي يشيع في الحشود الكرية ، ولكنها توجد منعزلة وحدها ، وقد ثبت أنها جميعا من النجوم ذات السرعة

الفائقة . ولما كانت هذه النجوم تسير عبر العطقة المركزية في جميع الاتجاهات فإنها تبدو فوقنا على إرتفاعات مختلفة .

وليس هناك أدنى شك في أنها تكون ضبابا كريا - من النجوم - يفضى طبقة التراب المركزية من جميع نواحيها ، كما أنه لا يكاد يكون هناك أدنى شك في أنها تكون في الواقع السواد الأعظم من نجوم مجموعتنا النجمية .

وهذه الحقيقة الأخيرة ليست واضحة للاكثرين ، لأن طريق المدار مزدحم في المنطقة المجاورة لنا ، فهو أشد إزدحاما من غمام النجوم المتسككة - ولكن في بعض أجزاء مجموعتنا النجمية تكون النجوم ذات السرعة الفائقة كبيرة إلى حد يحجب أى أثر للطريق الدائرى .

وما كنا ندرك صحة هذه الحقيقة لو أن ملاحظاتنا كانت قاصرة على نجوم مجموعتنا وحدها . ولكتأحين ننظر في الفضاء إلى مجموعات أخرى مشابهة لمجموعتنا نشاهد المجهرتين موزعتين على نسبتهما الحقيقيتين - المجهرة الأولى في طريق مدارى محصور في نطاق أزقة محدودة ، وكرة عملاقة من نجوم المجهرة الثانية تحيط بكل شىء وتغطى على كل شىء .

وسيكون موضوع الفصل التالى هو البحث في هذه المجموعات النجمية البعيدة ، ومقارنتها بمجموعتنا ، ولندكر ماسبق أن قلناه ، وهو أن الحشود المجرية تتحرك في طبقة التراب والذرات ، وأنها تضىء السحب الواقعة بين النجوم . أما الوسط الذى توجد فيه الحشود الكرية فيختلف عن ذلك تمام الاختلاف . فلا أثر للظلام ولا مجال للمواد المعتمة ، ولا وجود للذرات السديمية تتوهج داخلها ، وأكبر الظن أن هذه الحشود العظمى من النجوم خالية تماما - أو هي تكاد تكون خالية - من مواد الفراغ النجمى .

وربما كان لهذا الفرق في بيئة كل من المجهرتين أثر فعال في تطورها . وهو ماستنبينه في فصل قادم إن شاء الله .

الفصل الخامس

المنظّات النجمية

هأنح أولاء. قد تعرفنا إلى شخصيات تلك القصة التي تمثل على مسرح الكون؛ وهى النجوم، والأتربة، والغازات... ودرسنا الطرق المختلفة التي تترابط بها هذه الشخصيات بعضها ببعض: فن مجموعات ثنائية، إلى مجموعات متعددة، إلى حشود نجمية.

فلنلق الآن نظرة عامة شاملة على المسرح، لنرى ما يجري عليه في لحظة من لحظات العمل... وسنلاحظ أن الشخصيات التي تعرفنا إليها حتى الآن تكاد تكون جميعا تابعه لمجرتنا.

ولكن مجرتنا هذه ليست إلا واحدة من بين ملايين المجرات التي يختلف بعضها عن البعض إختلافا واضحا.

ترى كيف تبدو لنا مجرتنا هذه لو أننا إستطعنا أن نرصدها من نقطة خارجة عنها؟ إن عملية رصد مجرتنا ليست بالأمر اليسير، ولقد عرفنا في الفصل الثاني علة تلك الصعوبة، فالشمس تجرى في الممر الرئيسى، الذى يحتشد فيه ضباب كثيف من التراب والغمام ودخان الفراغ النجمى. ونجوم الطبقة المركزية القريبة نسبيا يغشاها الضباب، أما النجوم البعيدة فى محجوبة عنا تماما، وإن من يحاول أن يرصد مجرتنا ليلقى نفس الصعوبة التي تجابه من يريد أن يرسم خريطة لمدينة كبيرة يكتنفها دخان كثيف وهو واقف فى أشد أجزائها إزدحاما.

يمكن أن نجعل نقطة البداية لإحصاء النجوم المتباينة اللعنان التي ترى في مختلف الاتجاهات . وقد أمكن بفضل المراقب الحديثة مشاهدة عدة ملايين من هذه النجوم . وليس من الممكن أو من الضروري إحصاؤها عدا فحصنا أن نختار عددا من المناطق كنموذج لعملية الإحصاء . ولكن عملية الإحصاء لا تعدو أن تكون نقطة بداية كما ذكرنا .

ولكن ندرك عدد نجوم المجرة إدراكا أقرب ما يكون إلى الصواب عن طريق دراسة هذه النماذج ، علينا أن ندخل في حسابنا ما يشبه الضباب منها أو يخفيه تماما . ومع ذلك فليست هذه العملية بالسهولة التي تبدو عليها . فإن هناك أسبابا متعددة يعزى إليها خفوت النجوم التي ترى خافتة في مختلف الاتجاهات .

فقد يكون لعنانها في واقع الأمر ضئيلا ، مثل النجم الأقرب القنطوري ، الذي لم نكن لنراه لولا أنه شديد القرب منا .

وقد تكون في واقع أمرها شديدة اللعنان ، ولكنها منا على بعد سحيق . أو لعلمها تقع خلف رقع من الضباب ، تجعلها تبدو وكأنها أبعد مما هي في الواقع .

والواقع أن هذه هي الحال في جميع النجوم الشديدة التألق السحيقة البعد ، فكلما شرعنا في وضع خريطة لجهازنا النجمي (أي مجرتنا) يجب أن ندخل في تقديرنا هذا الاعتبار .

ويمكن إيجاد بعض أبعاد النجوم هندسيا إذا كانت قريبة منا قريبا يسكني لإظهار تغيرات ملحوظة في مواقعها من السماء بسبب حركة الأرض السنوية حول الشمس .

ولهذه النجوم فائدة كبيرة ، فهي تمدنا بالمقياس الذي نستطيع به

لإيجاد المسافات التي تفصلنا عن النجوم الأشد بعدا .

وإذا قدر لنا أن نرى النجوم التي أمكن قياس أبعادها في مواقعها الحقيقية في فراغ المجرة ، لانكشفت لنا المواقع الحقيقية للنجوم بالنسبة إلى بعضها البعض ، ولأخذت مجموعة هذه النجوم تتخذ لها نظاما معينا

فالواقع أن هذه الصور الضخمة الجامعة تشبه كثيرا الصور العائلية للحشود النجمية التي إلتقينا بها في الفصل السابق . فالتناسق الذي يربط أفرادها بعضها ببعض يمكننا — مثلا — من الحكم على درجة لمعان نجم إذا تمكنا من تعيين لونه (ودرجة حرارته ، أو طيفه) وعرفنا نوع الأسرة التي ينتمى إليها .

ولكل من أسرة الحشد المجرى (التي تتبع الجهرة الأولى) والحشد العكسي (الجهرة الثانية) نسق خاص ينظم أفرادها . فإذا أمكن التأكد من أن نجما من النجوم تابع لإحدى الأسرتين فقد تحددت خواصه ، وعرفت درجة لمعانه ومقدار بعده ، وأمکن أن يوضع في موضعه الملائم من الخريطة .

وتنحصر الصعوبة كلها في تحديد الجهرة التي ينتمى إليها النجم ... وهنا نجد أن من المفيد أن نلجأ إلى دراسة حركة النجم التي يكون لها القول الفصل في هذا الموضوع ... فنجوم الجهرة الأولى تتحرك حول المسار الدائرة . وأما نجوم الجهرة الثانية فهي نجوم فائقة السرعة تتحرك المسار في جميع الاتجاهات .

على أننا يجب أن نحذر من الإشراف في الإعتماد في هذه القاعدة ، فالتفريق بين أنواع النجوم على هدى الحركات التي تسلكها لا تعطينا إلا نتائج تقريبية .

وكم من نجوم تابعة للجمهرة الثانية تتحرك في إتجاه التيار النجمي وكأنها من نجوم الجمهرة الأولى .

ولكن هناك عددا ضخما من النجوم لا نجد طريقة لتحديد أبعادها إلا باستخدام هذه النظرية ، التي نستطيع على هديها أن نضع النجوم في موضعها اللائق من الصورة الجامعة ، كما تمكننا من تعيين صفاتها ومن ثمة نستطيع أن نهتدى إلى مواقعها . وقد إستطعنا بمجهود عفيف أن ننسق بين الحقائق المتناثرة المتعلقة بخواص النجوم وحركاتها داخل مجرتنا ، فأسفرت هذه المجهودات عن صورة كلية واضحة إلى حد ما ، وإستطعنا على هذه الصورة أن نرى كيف أن هذا العدد الضخم المتراكم من النجوم التي تتحرك فيه شمسا ذو طبقة مركزية رقيقة نسبيا ، هي الحشو الترابي الدخاني للكعكة (التي شبهنا بها المجرة في الفصل الثاني) .

وأكبر الظن أن هذا الحشو ذو شكل دائري ، يبلغ البعد بين حافته مائة ألف سنة ضوئية وأما سمكه فضئيل نسبيا — إذ يتراوح بين ألفي سنة وثلاثة آلاف سنة ضوئية ، فكأنه لا يتجاوز ٢٪ من قطره .

وتبعد الشمس عن مركز هذا الحشو بعدا سحيقا يكاد يبلغ ثلاثين ألف سنة ضوئية ، وتبعد عن الحافة بمقدار عشرين ألف سنة ضوئية .

ويتحرك التيار الدائري الذي تسير فيه النجوم داخل الطبقة الدائرية الرقيقة . وتستغرق الشمس حوالي مئتي مليون سنة لتتم دورتها حول هذا المرمر ، أما النجوم التي هي أشد بعدا عن المركز من الشمس فتستغرق زمنا أطول . وأما النجوم الأقرب إلى المركز فسرعتها أكبر ، وتقطع الدورة في زمن أقصر .

هذه الفروق في سرعات النجوم حول المدار — برغم ضآلتها — تكاد تكون الشاهد الاوحد الذي إستطعنا به أن نقين حركات النجوم داخل تيار المرمر النجمي .

ويتعين طريق مجرتنا بطبقة الحشو والنجوم التي تتحرك فيها . وما الطريق اللبنى إلا ذلك "شريط الضوئى المغشى الذى يمتد عبر السماء ، فإذا سلط عليه المرقب تحلل إلى آلاف النجوم التي تنبشها اطنخ من التراب والسدم المتألقة التي تشتت ضوء النجم أو تعكسه .

ولو أن العابقة التي تعين الطريق اللبنى كانت خلوا من التراب أو الضباب ، لبدت المنطقة الممتدة جنوب مركز المجرة (فى كوكبى القوس والحواء) وقد توهج ضوءها بشدة تفوق منطقة النجوم فى إتجاه الحافة الأقرب إلينا (فى كوكبى الثور والكلب الأكبر) . وأشد ما يكون التراب تكاثفا فى المنطقة الممتدة إلى المركز نفسه ، حتى يباغ من شدته حدا يخفى نواة مجرتنا عن العين . وعن آلة التصوير مما . ولكن الضوء الأحمر ينفذ فى سهولة نسبية (لأن من خصائص هذا اللون أنه أقل من غيره تشتتا) كما تنساب الامواج اللاسلكية ، وتتبعث الأشعة تحت الحمراء أيضا — وبهذه الوسائل تبدأ المناطق المركزية تعطينا لمحة عن حقيقة لمعانها .

وبرغم عجزنا عن رؤية الكتلة النجمية الكبرى تجاه مركز المجرة ، فإن هناك عدة دلائل ، (إذا استطعنا أن نعرف أين تنلسها) تدلنا على أننا فى الحقيقة بالقرب من حافتها .

فقد لوحظ أنه على بعد ثلاثين ألف سنة ضوئية ، يوجد نجوم ذات لمعان فائق ، وتبين أن هذه النجوم كلها فى إتجاه المركز . ولكن ليس هناك أثر لهذه النجوم اللامعة فى الإتجاه العكسى .

ولست كثافة حركة المرور واحدة فى جميع أجزاء الممر الدائرى الأعظم... وعلى وجه العموم تزداد النجوم كثافة كلما إتجهنا صوب سررة المجرة ، أعنى « النواة » التي حولها تدور المجرة . ولكن كثافة النجوم تختلف شدة وضعفا ، فى كلا الإتجاهين . وقد كان أول من لاحظ الحركة الدورانية فى مجرتنا وأدركها على حقيقتها الفلكيان أورث Oort والمولندى ولندبلاد Lindblad السويدي

وكان أورت هو الذى أدرك أيضا أن هناك مناطق فى هذا المجرى الدائرى
الذى تشتت فيها الكثافة، وتتخللها مناطق أخرى أقل تكاثفا وإحتشادا بالحركة.
ويبدو أننا واقعون عند الحافة الداخلية لمنطقة تشتت فيها حركة المرور ،
وأن هناك منطقة أخرى أقرب منا إلى نواة المجرة ، وهى أكثر إحتشادا
فى النجوم من منطقتنا . وسنرى فيما بعد أن ظاهرة تفاوت كثافة المرور بين
منطقة وأخرى لا تنفرد بها مجرتنا ، ولكنها موجودة فى بعض المجرات
الآخرى ، إذ تتخذ الحركة فيها منظرا جميلا أخذا أشبه ما يكون بالحلقات
الحلزونية تدور حول النواة .

وأكثر الفلكيين يعتقدون أن هناك من الدلائل على أن مجرتنا نفسها
تحتوى على تلك « الأذرع الحلزونية » التى تكشف داخل الحشو المركزى
وتتحرك فى داخله . على أنه ليس من السهل إكتشاف الأذرع الحلزونية
الحقيقية التى توجد داخل المجرة عن طريق تصوير توزيع النجوم ، فليس فى
وسعنا أن نرى التفاصيل إلا فى قطع صغيرة من الدائرة ، ثم هى مع ذلك
لا تشاهد واضحة كل الوضوح ، فبعض أجزائها يختفى وراء لطمخ من المادة
تغشها وتطمس معالمها .

ولكن معظم هذه الخرائط « المغبشة » التى كان فىوسعنا أن ننشئها ؛ قد
ظهر أنها يمكن أن تتدرج تحت الشكل اللولبى إذا راعينا أن نختار لها النجوم
الملائمة . ونجوم « المجرة الأولى » التى التقينا بها فى الفصل الماضى — هى
السابعات المثلثى التى تدور حول الممر المركزى . وتمثل الحركة الدورانية التى
تجرى داخل المجرة على أكملها فى النجوم الساخنة المتألقة التى تحتل الجزء
العلوى من نجوم التابع الرئيسى؛ أمثال نجوم الثريا اللامعة، ونجوم الحشد
المزدوج فى فرساوس التى تبلغ درجة حرارتها حداً فائقا .

وقد كان جل إعتادنا فيها حصلنا عليه من معلومات عن حركة المجرة

الدورانية على البحوث التي أجراها الفلكيان الكنديان ج . س بلاسكيت
G. S. Blaskett وجوزيف بيرس Joseph Pearce على هذه المجموعة
من النجوم .

وقد كان إختيار النجوم الساخنة الفائقة اللعان موضوعا لهذه الدراسة
إختيارا طبيعياً موقفاً ، لأنها ترى من مسافات شاسعة البعد ، ودراسة تفاصيل
طيفها تجمّل من الممكن قياس أبعادها إذا أُنْخِذَت الإحتياطات
الضرورية . وتعتبر هذه القياسات من العناصر الضرورية لتوضيح
معالم صورتها .

وأهم إحتياط يجب أن يتخذ هو أن نعمل حساب الإنطماش الذي نخدّه
المادة المعتمة ، وهو عامل خطير في هذه المجموعة من النجوم بالذات ، لأنها
تقع جميعاً دون إستثناء بذكر داخل الطبقة الداخلية للتراب والضباب .

ويمكن قياس درجة الإعتام — كما شرحنا في الفصل الثاني — بقياس
مقدار الإحمرار الذي نخدّه .

وقد إستخدم العلامة الفلكي ستيبنز Stebbins وزملاؤه الجهاز الكهروضوئي-
وهو جهاز غاية في الدقة — في عمليات القياس التي أجروها على النجوم ،
وباستخدام هذا الجهاز أمكننا أن نعرف الأبعاد الحقيقية لما يزيد على ألف
نجم من النجوم الحارة المتألقة .

وتعتبر هذه النجوم من أحسن العينات التي درست دراسة شاملة لم تتح
لعينات النجوم الأخرى .

ولكن لإثارتنا للنجوم الحارة المتألقة لدراسة الأذرع اللولبية في مجرتنا
لم يكن سببه هو سهولة عزلها عن غيرها فحسب ، ولكن هناك سببا آخر
لا يقل عنه أهمية ، هو أنها أكثر من غيرها من النجوم إندماجا في الجهاز
اللولبي . . .

ولو أننا قصرنا دراستنا على مجرتنا فحسب ، لما وسعنا أن ندرك هذه الحقيقة الفائقة الخطورة . ولكن الذى أدى بنا إلى التسليم بها هو دراستنا لمسار المجرات التى هى من القرب منا بحيث نستطيع أن نلاحظ فيها نجومًا شبيهة بنجومنا .

وسنرى فيما بعد إن شاء الله أننا نستطيع أن نتبع أذرع مجرة المرأة المسلسلة الكبرى إلا بدراسة النجوم اللامعة ذات الحرارة العالية .

وهنا نكون قد ظفرنا بإحدى الحقائق الكبرى فى تطور النجوم ، وستكشف بعض نتائجها فيما بعد .

ولهذه العالقة العليا من النجوم الساخنة تأثيرات على الوسط الذى يحيط بها . وليس السديم الأكبر فى كوكبة الجبار إلا واحداً من السحب الغازية التى لا يحصى عددها والتى تضىء ويذكو وهجها بتأثير ما بداخلها من النجوم الحارة .

وإن هذا الغاز الموجود فى كل مكان والذى يتركب فى الطبقة المركزية للنجرة ليعلم عن وجوده إذا وجد بالقرب منه عملاق ذو درجة حرارة عالية تكفى لإثارة الطيف السديمى فى ذراته . وعندما درس الجهاز اللولبى فى مجرتنا على ضوء السدم التى تطوق العالقة العليا الحارة ، بدأت تبين معالمه لأول مرة فى صورة جلية مثيرة للإتباء

ولم يحدث أن ألتقطت صورة فعلية لهذا الجهاز اللولبى إلا من عهد قريب جداً ، حين تمكن العلامة (و . و مورجان W.W. Morgan) وأعرانه فى مرصد بيركز Verkes — بطريقة ألمحية خلاصة — من لقاط صورة لمسار الأذرع اللولبية فى مجرتنا على ضوء السدم ...

ولأول مرة ... لأول مرة تتجلى هذه الأذرع واضحة محددة المعالم لا يشوبها خفاء أو غموض .

وقد تمكن مورجان من تمييز إثنين من هذه الأذرع على مسافة ستة آلاف سنة ضوئية ، وإستطاع أن يحس مكان ذراع ثالث .

وهكذا قدر للصورة التي ظلت حيناً من الدهر مبهمه مهزوزة أن تتخذ لها أخيراً شكلاً واضح المعالم يحدد السمات بين القسمات .

إن السبب في لمعان السدم المتألقة راجع إلى وجود نجوم ساخنة بالقرب منها ، وما من شك في أن هناك لطخاً كبيرة من غازات الفراغ النجمي تظل خافتة لأنها لم تجد نجماً يضيئها ويبدد ظلماتها ..

ولكن هذا الترابط بين السدم والنجوم الساخنة ليس وليد المصادفة ، لأن دراستنا لحركات السدم المتألقة قد دلنا على أنها - هي أيضا - تسلك نفس المسار الدائري الذي تسلكه النجوم ، وبسرعة تعادل سرعتها .

فهناك صلة بين العلاقة العليا الساخنة وبين السدم ، لا تقل قوة عن تلك الصلة بين مجموعات النجوم التي تنحرك في جماعات .

وسنكتشف في فصل ثال عن العلة التي يظن أنها السبب في هذه العلاقة ، كما سنعرض لبيان النتائج المحتملة التي تترتب عليها .

والحركة المجرية الدورانية تكون في النجوم اللامعة أظهر منها في سائر النجوم . ولكن هناك نجوما متألقة أخرى متميزة في الطبقة المركزية للبحر ، تشارك في الحركة الدورانية ؛ ومثلها المتغيرات القيفاوية ، وهي النجوم النابضة التي التقينا بها في الفصل الأول .

وما من شك في أنها تابعة لنجوم المجرة الأولى ، وتقع في الطبقة المركزية .

وقد تمكّن العالم الفلكي جوى Goy أحد فلكيي مرصد مونت ولسن - من أن يثبت بطريقة لا تقبل الشك أنها تتحرك مع المدار الدائري .

على أن المتغيرات القيفاوية إذ اعتبرت كنجوم تابعة للجمهرة الأولى فليست لها أصالة النجوم العملاقة العليا ذات الحرارة الفائقة — فبعثنا نحاول أن نتلمسها في الحشود المجرية والجماعات النجمية التي نادى بها الفلكي أمبارتسوميان .

صحيح أن المتغيرات القيفاوية نادرة الوجود في المجرة حتى أنه لو وجد إزاء كل متغير قيفاوي واحد نصف مليون نجم من نجوم الجمهرة الأولى، ولكن وجود النجوم العملاقة العليا الساخنة لا يختلف عنها ندرة ، وهي بمثابة تمثيلا حسنا في الحشود المجرية .

ويمكن معرفة مواقع القيفاويات على خريطة المجرة ولكن ليس بالدقة التي يمكن بها معرفة مواقع النجوم الساخنة .

وفي وسعنا أن نعرف درجة لمعانها الحقيقية من الارتباط بين الدورة واللمعان ، ولكننا حين نحاول أن نصحح أبعادها بإحتساب مدى الإعتماد فإننا نواجه مشكلة أصعب ، أو على الأقل مشكلة أكبر .

فلا بد من إجراء عمليات طويلة قبل أن نتوصل إلى معرفة ألوانها الحقيقية وقياس درجة لإحمرارها ، لأن تغير لمعانها يضاعف من كمية الجهد الذي يجب أن يبذل للتحقق من هذين الأمرين .

وهنا أيضاً ، يجب أن نعتمد على الأساليب الدقيقة التي يتيحها لنا إستعمال الجهاز الكهروضوئي . والخرائط التي ترسم لتبيان المواقع المحتملة للقيفاويات داخل المجرة ، لا تظهر فيها الأذرع اللولبية واضحة وضوحاً في السدم

المتألقة والمالقة العليا الساخنة . وتبدو القيفاويات وكأنها بقع منتشرة على صحيفة ، بينما المالقة العليا تبدو موزعة في أزقة محددة .

والصفحة التي تتجلى عليها القيفاويات رقيقة ، لأن القيفاويات تحتضن مستوى المجرة ، ولكنها لا تكشف عن الأذرع الحلزونية للمجرة .

وليست نجوم الجبهة الأولى قاصرة على النجوم المتألقة بنوعها : المالقة العليا والقيفاويات ، ولكنها تتضمن أيضا النجوم الخافتة الأخرى التي تزخر بها سلسلة التابع الرئيسي ، وتدرج هذه النجوم مع السلسلة حتى تصل إلى الأقزام الفائقة البرودة . وأغلب جيراننا النجوم ينتمي إلى هذه العائلة من النجوم التي تتحرك حول الطريق الدائري . ويقدر عدد النجوم التي تمرر الحشو المركزي للمجرة وتتحرك فيه ، بحوالى ألف مايون نجم . ولكن ليس من بينها ما يظهر الخصائص النموذجية التي تظهر في النجوم التي تحتل الطرف العلوى من سلسلة التابع الرئيسي .

على أن نجوم الطبقة المركزية ليست هي كل ماتحويه مجرتنا من نجوم ، بل ليست هي أهمها ، فالنجوم الفائقة السرعة تمثل الجبهة الثانية ، التي تتجلى خصائصها في الحشود الكرية ، وتمتاز هذه النجوم بأنها تنفق من طاقتها بحذر وإعتدال ، فألمعها لا يزيد عن لمعان الشمس بأكثر من مائة ضعف . ولا مجال هنا للنجوم اللامعة الحارة ولا لنجوم وولف رايت ولا للتغيرات القيفاوية .

ولكن هذه الجبهة عامرة بنجوم ر. ر. السلياق التي تتم دورة خفقاتها في ساعات لا أيام ، وتحتوى هذه الجبهة أيضاً على المالقة الدنيا ، والأقزام الدنيا . ويلوح أن أخفت نجومها لا يمكن تمييزه من أخفت نجوم الجبهة الأولى (إلا من حيث الوضع والحركة) وهنا يجب ألا ننسى أن الحشود الكرية بمواضعها وحركتها المميزة تنتمي إلى الجبهة الثانية .

وهكذا نميز نجوم الجهرة الثانية بمواضعها وسرعتها . وإنعكاس حركتنا الدائرية يجعلها تبدو وكأنها تتحرك في إتجاه واحد ، ولكنها في الواقع تتحرك دون رابط لها ، فهي تتجاز الطبقة المركزية متخذة لنفسها كل الإتجاهات ، وتقطع مسافات شاسعة فوق هذه الطبقة وتحتها

فإذا اعتبرنا نجوم الجهرة الأولى مكونة لشريحة مركزية رقيقة ، جاز لنا أن نعتبر الجهرة الثانية كقائمة كرية من النجوم (أو أدنى إلى الكرية) تحيط بمجرتنا كلها .

ونحن نعلم أن نجوم ر. ر. السلياق تقع على بعد ثلاثين ألف سنة ضوئية فوق مستوى المجرة . وأضحى مجموعة وأقربها إلى الكرية هي مجموعة الحشود الكرية ، وهي كرات من النجوم تبلغ المائة عدا أو تزيد ، مرتبة على شكل أقرب ما يكون إلى الكرة تحيط بالمجرة .

وللحشود الكرية الفضل في إدراكنا لحجم المجرة الضخم ، وإلى تمييز موقعنا نحن في داخل هذا الجهاز العظيم .

فبذ بضع عشرات السنين فقط ، كان يظن أن الشمس كانت في مركز المجرة أو أقرب ما تكون إلى هذا المركز ، وأن قطر مجرتنا لا يتعدى بضع مئات من السنوات الضوئية . وكان شاذي أول من أدرك أن الحشود الكرية متجمعة حول مركز المجرة . وأن قطر المجرة لابد أن يبلغ في الطول عشرات الآلاف من السنين الضوئية وأن مكاننا من هذه المجرة لابد أن يكون بعيدا عن مركزها — أي قريبا من إحدى حافتيها . وقد أدى هذا الكشف إلى توسيع آفاق معلوماتنا ، بحيث يمكن أن نعتبره بداية إنقلاب شامل في تصورنا للكون .

وقد أصبح اليوم في وسعنا أن نتحدث لاعت مئات السنين الضوئية ، بل عن مئات من ملايين هذه السنين ، بل لقد أصبح في وسعنا أن نقيس هذه المسافات

. وهكذا ترامت حدود المملكة الداخلة في نفوذ علماء الفلك في نصف القرن الأخير فتضاعف نصف قطرها مليون مرة ، ومن ثم تضاعف حجمها مليون مليون مليون مرة .

ويظن أن المجموعة الكرية من النجوم التي تكون نجوم الجهرة الثانية تكون أكتف إتجاه مركز مجرتنا عنها في المنطقة المجاورة لنا . ونحن واقعون في الضواحي الخارجية للمجرة ، حيث تقل كثافة النجوم . فإذا نظرنا إلى ماهو موجود في محيطنا منها وأردنا أن تكون فكرة عن عددها الكلى في المجرة فإننا نخرج بعدد يقل كثيرا عن عددها الفعلى والواقع أنها تكون حالا يقل عن ٩٠ ٪ من مجموع نجوم المجرة .

وفي وسعنا أن نتصور مجموعة الجهرة الثانية كشيء هو أقرب مايكون إلى حشد كرى جبار يحيط بالمجرة كلها من جميع نواحيها ، وقد إنتشرت فيه حشود كرية أصغر .

وقد تبين من دراسة المجرات الأخرى أن كثافة النجوم فيها تزداد إزدیاداً كبيراً كلما قربنا من المناطق المركزية ، وهناك عدة دلائل ترجح أن مجرتنا لا تختلف عن هذه المجرات من هذه الناحية .

وخلال بضع السنوات الأخيرة درست المناطق المحيطة بمركز المجرة دراسة دقيقة تبين منها أنها مكتظة بنجوم الجهرة الثانية من أمثال المتغيرات .

وقد وجد كذلك أن إحتشاد السدم الكوكبية والنجوم الجديدة (التي تتميز بها مجموعة الجهرة الثانية) يزداد تجاه نواة المجرة . وهذا التركيز تجاه المركز هو بلا شك ، من خصائص هذه الجهرة ككل

وفي الواقع ، يتكون الجزء الرئيسى من مجموعتنا النجمية من غمامة الحشود

الكروية . وأكبر الظن أنه ليس لها شكل معين ، وأنها لم تشترك في عملية التكشف التي أدت إلى تكون الأذرع اللولبية ، وتمتد هذه الغمامة عبر المجرة كلها، مكونة غمامة متصلة تختشد بالنجوم .

ويظن أنها تحوى من النجم ما يقدر بعشرة أمثال ، إلى مائة مثل ، مانحويه المجرة الأولى من نجوم تتحرك فى الطبقة المركزية . وربما يبلغ عدد نجومها مائة ألف مليون نجم . والواقع أن هذه المجموعة هى الأفراد الحقيقية المكونة لمجرتنا ، فنجوم الزقاق الترابى قليلة نسيا ، وقد لا تزيد على ألف مليون نجم — وسرى أن مصير كثير منها إلى الزوال من الوجهة الفلكية .

ولسنا ندرى على التحقيق مدى قرب طبقة الحشد الترابى من المركز . ولكتنا على يقين أنها لا تمتد إلى المركز . فهى أقرب إلى شكل كعكة حلقة من التراب منها إلى شكل طبقة ، وأكبر الظن أن المركز عبارة عن كرة كبيرة كثيفة مكونة من نجوم المجرة الثانية ، خالية تماما من التراب والضباب .

وما كنا لنصل إلى هذه النتيجة لو أننا إقتصرنا على مجرد دراسة المجرة التي نعيش فيها . ولكن الدراسات المقارنة التي أجريناها على مجرات أخرى مشابهة لمجرتنا هى التي أكدت لنا هذه النتيجة .

مجرة المرأة المسلسلة

هناك ... بعيدا عن حدود مجرتنا ، توجد مجرة أخرى عظيمة ترى من خلال نجوم كوكبة المرأة المسلسلة وتقع على مسافة ٧٥٠.٠٠٠ سنة ضوئية (اللوحة ١٢)

وقد اكتشفها منذ مائة عام الفلكى الفرنسى «مسييه» Messier وقد كانت

المهمة الأصلية المتوقعة به هي إصطياد المذنبات ، فلاحظ في أثناء بحوثه عددا من الأجسام التي بدت له ثابتة لا تتحرك ، وشعر بحيرة من أمره ، إذ ليس من طبيعة المذنبات الثبات ولكنه مع ذلك أعد قائمة بهذه الأجسام التي عثر عليها والتي ينبغي على الباحثين عن المذنبات أن يعضوا الطرف عنها . وكانت قائمته تحتوي على ١٠٤ من هذه الأجسام ، وكانت مجرة المرأة المسلسلة تحمل رقم ٣١ فيها . وما يدعو إلى العجب أن يكشف هذا الفلكي دون أى قصد ما ينوف على مائة مجموعة من المجموعات النجمية الهائلة بينما هو يتلس الوصول إلى أصغر الأجسام السماوية وأضالها شأنا .

وكانت قائمته تتضمن الملع الحشود النجمية ، كما إحتوت أيضا على عدد من المجرات ، يبعد بعضها عنا بما ينوف على مليون سنة ضوئية . وتعرف غالبا بالأرقام التي وضعها لها . وعلى هذا تعرف مجرة المرأة المسلسلة غالبا باسم « مسيه ٣١ » . والواقع أن إسم مسيه لا يقترب بدراسة المذنبات قدر ما يقترب « بقائمته » من الأجسام التي خيدت أمله . ومجرة المرأة المسلسلة لا تكاد تختلف عن مجرتنا في لمعانها ، أو عدد النجوم التي تحويها ، أو حجمها ، ومعظم المجرات الأخرى أصغر حجما .

وقد أدى تقدم علم الفلك على مر العصور إلى تبصرنا بهذه الحقائق المتلاحقة ، وهي أن الأرض ليست إلا كوكبا صغيرا ، وأنها ليست مركز المجموعة الشمسية ، ثم بين لنا أن الشمس ليست إلا نجما صغيرا ، وأنها ليست مركز المجرة ، وأن مجرتنا — نفسها — ليست إلا واحدة من ملايين المجرات .

فما أشد ضآلتنا ، وما أتفها . على أننا لا نزال نعزى أنفسنا بميزة واحدة في وسعنا أن نفخر بها : وهي أن مجرتنا هي إحدى كبريات المجرات . فهل يحى اليوم الذى يتقدم فيه العلم خطوة أخرى فيسلبنا هذه المفخرة ويكشف لنا عن زيفها ؟؟

وإن تغاضينا عن الفرق الحجمي الضئيل بين مجرتنا ومجرة المرأة المسلسلة، فإن مجرة المرأة المسلسلة تبدو للناظر إليهما من مجرتنا كما تبدو مجرتنا بالنسبة إلى الناظر إليها من مجرة المرأة المسلسلة، وهى تكاد تواجهنا بحافتها. ولا بد أنها دائرية الشكل، ولما كانت تبدو لنا على شكل يضى فإن طبقتها المركزية لابد أن يميل على إتجاه نظرنا نحو ٧٥° .

ولو قدر لراصد على هذه المجرة أن يرقبنا، لوجد مجرتنا أشد مواجهة له، ولوجد أنها تميل على إتجاه بصره بنحو ٧٠° .

وأول الخصائص التى تستلقت النظر فى مجرة المرأة المسلسلة هو الأذرع اللولبية الملتفة التى تحيط بالمركز المتألق وهى تقابل أزقة المرور فى مجرتنا. وتحرك الأذرع اللولبية — شأنها شأن أزقة المرور عندنا — فى طبقة من التراب والغاز، وترصعها سدم لامعة وتوجد فى هذه الأذرع نجوم زرقاء متألفة، كما هو الحال فى مجرتنا.

وتبعد مسيئة ٣١ بعدا شاسعا عنا حتى أنه لا يمكن أن يرى فيها نجم منفرد إذا كان يقل عن لمعان مائة شمس. وأن نجما فى لمعان الشعرى اليمانية ليدو لنا فى القدر الواحد والعشرين، ولا يكاد يمكن التقاطه على اللوحات الفوتوغرافية إلا باستعمال أقوى المناظير.

أما النجوم المماثلة لشمسنا فتخرج عن نطاق رؤيتنا وأكبر الظن أنه سيقدر لها أن تظل كذلك لمدة طويلة من الزمان.

وجميع النجوم اللامعة التى فى الأذرع (وعلى الأخص النجوم الزرقاء الحارة من أمثال النجم رجل الجبار، ونجم النبتام، والمجاميع المكونة من أمثال هذه النجوم كخشود فرساوس والريا) هى من النجوم التوذجية التى تمتاز بها المجرة الأولى. وكذلك الشأن فى السدم اللامعة.

ونشاهد كذلك أمارات تدل على وجود التراب فى المناطق المركزية

متخذاً شكل شطيرة تحفها النجوم اللامعة، ويبدو كعروق سوداء بين الأذرع المتألقة، وفجأة . . . يتوقف ظهور التراب ونجوم الجبهة الأولى عند نقطة قريبة من النواة المتألقة، حتى يبدو أن المنطقة المركزية، التي هي أشد المناطق تألقاً، خالية تماماً من الضباب والتراب .

ويمكن إلقاط صورة للأذرع اللولبية في مجرة المرأة المسلسلة بطرق التصوير العادية، ولكنها تكون صورة مطموسة شيئاً ما . يبدو أن تفاصيلها تبدو رائعة إذا صورت بضوء الأيدروجين، الذي يكشف عن السدم اللامعة التي ترصع الأذرع .

وفي الصورة التي التقطها باءة Baade في مونت ولسن، تبدو الأذرع الخارجية واضحة المعالم : شرائط ضيقة تحدها غازات متوهجة بالقرب من النجوم اللامعة الساخنة، وهو نفس المنظر الذي بدت عليه مجرتنا حين أخذت لها لأول مرة صورة دقيقة في الضوء السديمي .

ونشاهد في مسيه ٣١ كثير من القيفاويات اللامعة . وقد عرفنا حقيقة هذه القيفاويات لأول مرة، حين إكتشفها هبل Hubble منذ ثلاثين عاماً، وأثبت أنها تنظم في أذرع لولبية ضخمة، تبعد عنا مئات آلاف السنوات الضوئية .

وقد استطاع هبل أن يستنبط لمعانها الحقيقي من منحنى « الدورة مع اللعان »، وحتى ذلك الحين الذي أكتشفت فيه هذه القيفاويات، كان هناك جدل حول ما إذا كانت المجرات اللولبية أجساماً صغيرة قريبة، (لعلها موجودة داخل مجرتنا)، أم أنها عوالم من الجزر، على أبعاد شاسعة عنا .

وهكذا فتح هبل أمام أعيننا كوناً فسيحاً مكوناً من مجرات شاسعة البعد، تعد اليوم بالبلايين .

إن القيفاويات التي لاكتشفها هبل هي من بين النجوم اللامعة التي تحتويها
مجرة المرأة المسلسلة وتبدو بينة الملامح كجزء من تركيب المجرة . وفي وسعنا
أن نفترض أنها تقع في طبقة مركزية رقيقة ، شأنها في ذلك شأن قيفاويات
مجرتنا .

ويبدو أن القيفاويات التي في مجرتنا منتثرة في صحيفة رقيقة ، وليست مركزة
في أذرع كما هو الحال في العالقة العليا . ويبدو أنها في مسية ٣١ أيضا موزعة
بين الأذرع اللولبية .

ولم تنجل لنا هذه الحقيقة إلا منذ النقط « باده » ، صورة رائعة للفائف
الدقيقة التي ترصعها السدم اللامعة . وقد أيدت هذه الصور الفكرة المبهجة
التي إستوضحناها من خريطة القيفاويات في مجرتنا .

وقد ظلت حقيقة المركز اللامع في مسية ٣١ لغزاً لم يحل لمدة طويلة ، فلم
تكن النجوم المكونة له ترى واضحة . . . ولم يكن ثمة شك أنها
تتكون فعلاً من نجوم ، لا من مجرد سديم لامع . . . وكان الطيف الذي
يظهر لنا منها طيف نجوم حقيقية ، ولم يبد فيه أية إشعاعات من تلك التي تمتاز
بها السدم الغازية . فلم يبق إذن أى شك في أنها تحتوي على نجوم ، ولكنها
نجوم أضال من أن ترى منفصلة ، بل كانت أخفت من نجوم الأذرع
اللامعة .

وكان إدراك حقيقة المنطقة المركزية في مجرة المرأة المسلسلة من أروع المآثر
العلمية التي تمت في عشر السنوات الأخيرة ، وكان الفضل راجعاً إلى باده
أحد فلكي مرصد مونت ولسن .

فقد خطر لباده أنه إذا كانت نجوم المركز حمراء ، فلا بد أن تؤثر في
الألواح الحساسة الحمراء أكثر مما تؤثر في الألواح الزرقاء . فالتزم غاية الدقة

فى تمييز الألواح وتحديد مدة تعرضها للسماء ، وبذل غاية الجهد فى إحكام تصويب مرقبه إلى الهدف ، وهكذا نجح فى إلتقاط صور نجوم النواة واضحة منفصلة بعضها عن بعض عند تخوم الألواح الحراء .

وقد أظهرت صورة النواة أنها تحتوى عددا من النجوم لا يمكن تصديقه ، وقد إحتشدت مع بعضها البعض مكونة كتلة مبهوشة مختلطة الأجزاء ، حتى أن أحد الذين رأوها للمرة الأولى علق قائلا : إنها تبدو كأنها كومة من الفلفل الأسود ، (مثلا النجوم بجبات الفلفل) .

وقد ظهر أن ألمع نجومها يكاد أن يرى بالمرقب الذى قطره عدسته ١٠٠ بوصة — فلهامنه فى الواقع لايزيد عن لمعان الشموى اليمانية كثيرا .

ولما كانت هذه النجوم تبدو أشد جلاء فى الضوء الأحمر منها فى اللون الأزرق ، فهى اذن نجوم حمراء . والواقع أنها فى لمعانها تشبه تماما ألمع نجوم الحشود الكرية ، بل إن نواة مجرة المرأة المسلسلة ككل ليست إلا صورة مكبرة من الحشد الكرى وقد تكاثفت النجوم فيه عند المركز تكاثفا شديدا ، وتوزعت فيه على شكل كتلة مختلطة الأجزاء تبدو أقرب إلى الشكل الكرى .

وهناك وجوه أخرى للشبه بين نواة مجرة مسييه ٣١ والحشود الكرية إلى جانب تشابهها من حيث اللون ومن حيث لمعان ألمع نجومها . فتبدو هذه النواة خالية تماما من التراب والغاز .

أما خلوها من الغاز ، فيمكن التحقق منه بفحص طيفها ، وأما خلوها من التراب فقد تحققنا منه حين وجدنا أن المناطق المحيطة بالنواة تبدو تامة الشفافية (١) .

فبطبيعة الحال لا يمكن رؤية نجوم منفصلة خلف مجرة المرأة المسلسلة ،
التي توجد على مسافة شاسعة من حدود مجرتنا . ولكن هناك آلاف من
المجرات الأخرى أكبر بعدا من هذه المجرة . ولا يمكن رؤية هذه المجرات
في منطقة الأذرع بسبب حجب التراب الموجود في الطبقة المركزية للرؤية -
ولكن يمكن رؤيتها عبر النواة ، كما يمكن رؤيتها في المناطق التي بين الأذرع .
والآن ما حجم نواة مجرة المرأة المسلسلة ؟ ... إنها تمتد إلى حيث تبدأ الأذرع
اللولبية ، كما ترى أيضا في المناطق التي بين الأذرع .

والواقع أن النواة عبارة عن كتلة كرية ضخمة من النجوم تحيط بالمجرة
كلها - أذرعها وسائر أجزائها . والنجوم منتشرة ، إنتشار حبات الفلفل ، في
كل أرجاء المجرة ولو أنها أقل تكثفا في حواف المجرة عنها في المناطق المركزية
ويذكرنا هذا بضخامة عدد نجوم المجرة الثانية التي تكمن في أرجاء مجرتنا ،
وليس لدينا أدنى شك في أن الغالبية العظمى من النجوم ، التي تكون بناء مجرة
مسييه ٣١ ، لها نفس طبيعة تلك النجوم ... إن لها جميع خواص المجرة الثانية ،
فألح النجوم فيها هي أشدها حمرة ، ولا مكان فيها لتراب الفراغ النجمي أو
غازه . وإن دراسة دقيقة للبعان أذرع مجرة المرأة المسلسلة ، ومقارنتها ببعان
نجوم المجرة الثانية ، تثبت لنا بما لا يدع أدنى مجال للشك أن نجوم المجرة
الثانية تكون الاغلبية الساحقة لنجوم هذه الأذرع .

وانما يرجع ظهور هذه الأذرع إلى أنها تحتوي على نجوم لامعة منفصلة
وسدم ، ولكن الغالبية العظمى للنجوم - أو ما يكاد يبلغ ٩٩ ٪ - من مجموعها -
ينتمي إلى تلك الطبقة الهيكلية التي تمتد على هيئة غمامة ، متصلة الأجزاء ،
خلال المجرة كلها ، ومعظم هذه النجوم أبعد عن مجال أبصارنا
كنجوم مفردة .

وبمقارنة شفافية الأذرع والمناطق التي تفصل بينها استطعنا أن ننتهي

الحقيقة أخرى ما كنا لنتدى إليها لو أن معلوماتنا عن المجرات كانت قاصرة على مجرتنا نحن .

فقد إستطعنا أن ندرك أن المناطق بين الأذرع ليست معتمة ، وأن هذه المناطق المتوسطة الخاضدة بالنجوم الشبيهة بمشهد جبات الفلفل - تامة الشفافية، حتى أن المجرات البعيدة ترى من خلالها واضحة لا حجاب يخفيها ولا ضباب يحجب من وضوحها .

ومن المحتمل كثيرا أن يكون لمجرتنا نفس هذا النظام في تركيبها . فالتراب والدخان وغاز الفراغ النجمي مقصورة جميعا في الواقع على الممرات النجمية ، ويفصلها عن بعضها البعض مناطق « نظيفة » ، وقد بات في حكم المؤكد أن نجوم المجرة الأولى ، مثل النجوم العملاقة العليا الساخنة ، يرتبط وجودها حينما يوجد التراب والغاز ، وأنها لا يمكن أن توجد البتة في مناطق خالية من التراب .

فاذا صح أن الطبقة الهيكلية لمجرة المرأة المسلسلة مكونة من نجوم المجرة الثانية ، فلا بد لنا أن نتوقع أن يكثر فيها الأشياء التي تشتهر بها هذه المجرة من النجوم وتعتبر من خصائصها ونعني بها الحشود الكرية ، ونجوم ر . ر . السلياق . النابضة الفائقة السرعة .

والحشود الكرية لامعة — فلعانها يفوق لمعان شمسنا ما بين ١٠ آلاف ومليون مرة — ويمكن أن ترى في سهولة على بعد كبعد مجرة مسيعة ٣١ .

وقد وجد في هذه المجرة مثان من هذه الحشود ، وعلى الرغم من فرط بعدها عنا فإنه يمكن تمييز حوافها الخارجية الغير محددة التي تثبت أنها حشود نجمية . كما أن لها لون حشودنا الكرية ، ونفس لمعانها (١) وما من شك في

(١) الواقع أن هناك فرقا في متوسط اللعان يبلغ حوالى قدر واحد ، ووجود هذا الفرق يبعث على الحيرة فعلا ولكن لعل مرد هذا الفرق إلى خطأ طفيف في

أنها منتظمة في شكل أقرب مايكون إلى كرة كبيرة حول الأذرع اللولبية الكبيرة .

وأما نجوم ر. ر. السلياق فالكشف عنها أصعب ، لأنها تكاد تتاخم المناطق الداخلة في نطاق الرؤية التي تسمح بها الوسائل التي أستعملت أول ما أكتشفت نواة المجرة . ولكن باستعمال المرقب الذي قطره ٢٠٠ بوصة تفتحت آفاق واسعة ، فأمكن الحصول أخيرا على معلومات كشفت الستار عن عدد ضخم من المتغيرات النجمية داخل النواة . وعلى الرغم من أنها لم تحلل تحليلات تفصيليا ، فيحتمل كثيرا أن تصل إلى ما يؤيد وجود نجوم ر. ر. السلياق في الطبقة المبطنة لمسيية ٣١ (٢) . إن معلوماتنا الحالية عن مجرة المرأة المسلسلة ليست قاصرة على النتائج التي نستمدّها من تحليل مكوناتها وشكلها . . . فنحن نأمل أنها متجهة إلينا بما فيها بشكل يسمح لنا بقياس دوراتها .

فشكلها يشبه العجلة ، ويظهر من التحليل الطيفي أن مجرة مسييه ٣١ تدوم تدوما سريعا ، بطريقة معقدة نوعا .

فدورانها لا يشبه دوران العجلة المتماثلة التي يدور هيكلها كله بحكم حافظ لشكله دائما ، فحركة الجزء المركزي تشبه حركة مثل هذه العجلة فعلا ، ولكن

= تقديرنا أبعاد الحشود الكرية في مجرتنا أو في تقديرنا لبعدها هذه الحشود في مجرة مسييه ٣١ ، حيث نضطر لأن نتبع طريقة أخرى تختلف عن الطريقة التي تتبعها في مجرتنا .

(٢) إذا صح هذا فقد أصبح في الوسع تحديد بعد مجرة مسييه ٣١ - لاتحديدا تقريبا - بل تحديدا دقيقا لاثثوبه شائبة . ونكون قد ظفرنا على تلك المشكلة التي تحدثنا عنها توا - مشكلة الحشود الكرية في تلك المجرة ، والإختلاف الطفيف بين لمعانها ولمعان الحشود الكرية في مجرتنا - تلك المشكلة التي كانت مبعث حيرتنا . نقول لوصح هذا الذي ذكرناه ، فإن هذه المشكلة تكون قد حلت الآن .

الاجزاء الخارجية تتحرك كجسم غير متماسك ، فهي تزداد سرعة كلما بعدنا عن المركز . ثم تعود إلى التوقف عند الحافة القصوى ، ومن الواضح أن هذه الاجزاء لا يمكن أن تحتفظ بشكلها ، فلا بد أن تلتوى الأذرع التواء تدريجيا ، مكونة أشكالا جديدة بمضى الزمن .

كيف تؤدي سرعات الدوران المتفاوتة الاجزاء المختلفة إلى تغيير شكل مسيية ٢٣١٠٠ من العجب حقا ، أنه بالرغم من أن هناك إجماعا على أن المجرة تتحرك حركة دوارية حقا ، وأن هناك اتفاقا على مدى كبر هذه الحركة ، فإن هناك خلافا شديدا في الرأي على نتيجة تغيير شكل المجرة . والسبب في ذلك هو أن معلوماتنا المتاحة لنا عن هذه المجرة لا تكفي لمعرفة أى طرفها هو أدنى إلينا . فلو أن الطرف الذى تظهر فيه الأذعة الحالية كان هو الأقرب إلينا ، لكان معنى هذا أن الأذرع الخارجية منسحبة إلى الوراء ، وأنها تأخذ مع مرور الأيام في الإنكفاف حول هيكل المجرة التى تسحبها إليها سحبا وتقبضها قبضا .

أما إذا كان الطرف الآخر هو الأقرب ، فعنى هذا أن الأذرع اللولبية تأخذ في الإنسباط مع الأيام ، وأن الأذرع الخارجية ماضية في سبيلها قدما .

واعتقد أن معظم الفلكيين — وأنا من بينهم — يرجحون أن الأذعة المطلعة التى تحترق طريقها عبر حافة النواة موجودة في الجانب المواجه لنا . ولكن رأى المعارض له وجهاته أيضا . وتمدنا الحشود الكرية برأى في هذا الموضوع . فلو أننا اعتبرناها مجموعة كرية فإن تلك المجموعات التى تقع خلف الأذرع يجب أن تكون بوجه عام أخفت ضوءا من تلك التى تقع أمامها . والدلائل التى نستمدّها من الحشود الكرية تتفق مع مانستمدّه من دراسة المناطق المعتمة المركزية التى تبدو وكأنها مطروحة على النواة — أى واقعة في الجانب الأقرب منا — وهذه الدلائل تدل على أن المجرة تلف نفسها وتجبر وراءها الأذرع الخارجية .

وسنرى فى فصل ثالث ، أن الموضوع هام جدا وضرورى لفهم الكيفية التى تتطور بها المجرات الحلزونية والنجوم التى تتكون منها .

ولا تكون قصة مسيية ٣١ قد تمت فصولا إذا أغفلنا ذكر النجوم الجديدة أى النجوم الجديدة التى انفجرت فيها . وقد رصد أحد النجوم فوق الجديدة فى عام ١٨٨٥ وهو أقرب ما عرف من النجوم فوق الجديدة فى العصور الحديثة .

إن هذه الانفجارات الشاملة التى تودى بنجم عملاق إلى خراب شامل ، هى إحدى الاحجيات الكبرى فى علم الفلك ، ولم نتقدم فى سبيل تفسيرها إلا تقديما بليطا . ومرت ذلك إلى أن انفجارات النجوم فوق الجديدة التى حدثت فى العصور الأخيرة كانت على أبعاد شاسعة منا ، مما جعل مهمة تحليل أطياها تحليللا دقيقا مهمة شاقة لا تسمح لنا نتائجها بالوصول إلى معلومات حاسمة نطمئن إليها .

والنجم فوق الجديد الذى أكتشف فى مسييه ٣١ كان من القدر السادس ، ولو أنه ظهر اليوم لربما أدت بنا دراسته إلى حل شامل للقر النجوم فوق الجديدة برمتها .

ويخطر لنا هنا خاطر لا يخلو من فكاهاة ، وإن كان قائما على المنطق العلمى الصارم ، وهو أنه لو كان قد قدر لهذه المجرة أن تكون أبعد عنا بمقدار ١٠ ٪ من بعدها الحالى ، لاستغرق ضوء هذا النجم فوق الجديد فى رحلته إلينا مدة أطول وإذن لما قدر له أن يصل إلينا إلا بعد أن نكون قد استكملنا معدات البحث الطيق الحديثه المتاحة اليوم .

وإلى جانب هذا النجم فوق الجديد ، أكتشف حوالى المائة من النجوم الجديدة فى المجرة خلال ربع القرن الأخير ، ويرجع الفضل فى إكتشاف معظمها إلى هبل . وعدد هذه النجوم الجديدة التى أكتشفت فى مجرة المرأة المسلسلة يعادل جميع ما سجل فى مجرتنا منها خلال تاريخ حياتها كله .

فإذا أدخلنا في تقديرنا أن هناك عددا من النجوم الجديدة في مجرتنا قد أغفل حسابه ، فيبدو أن عدد النجوم الجديدة في المجرتين متعادل .

ويلوح أن النجوم الجديدة في مجرتنا تنتمي إلى الجبهة الثانية (ولو أن هذا الرأي لا يزال موضع الأخذ والرد) أما في مجرة مسيية ٣١ فتبدو النجوم الجديدة موزعة توزيع نجوم الجبهة الثانية ..

فالسواد الأعظم منها يظهر في مناطق النواة ، حيث لا مجال للتغيرات القيفاوية التي هي من سمات الجبهة الأولى . ومع ذلك يبدو أن النجوم الجديدة - سواء ما كان منها في مجرتنا أو في مجرة المرأة المسلسلة - موزعة في شكل أقرب إلى الإنبساط وأبعد عن التركز منها في الحشود الكرية .

وعلى وجه العموم يبدو أن مجرتنا ومجرة مسيية ٣١ متشابهتان في التركيب ونوع النجوم ، كما يبدو أنهما متكافئتان في اللمعان تقريبا .

على أنه يلوح أن مجرتنا أكبر نوعا من مجرة المرأة المسلسلة (ولو أن الأخيرة تبدو - باستعمال وسائل خاصة بالتصوير - وكأنها ممتدة إلى ما وراء النطاق الذي يمكن أن يسجله لوح فوتوغرافي عادي) . كما يلوح أيضاً أن مجرتنا أكبر من مجرة المرأة المسلسلة كتلة ، فوزن مجرتنا يتراوح بين وزن مائة ألف ومائتي ألف من ملايين الشمس (١) . أما وزن مسيية ٣١ فيبلغ نصف وزن مجرتنا . ولكن هذه الحقيقة لا تزال مشكوكا فيها .

توزيع مجرة المرأة المسلسلة

ليست مجرة المرأة المسلسلة مجرة منعزلة . فإن لها تابعين خافتين (أو لعل لها أربع توابع) ، كل منها في حكم المجرة والتابعان الالمان منها يبدو أن

(١) اختبرت الشمس كوحدة لوزن المجرات .

واضحين في جميع الألواح الفوتوغرافية التي ألتقطت للجرة نفسها . وكل من هذه التوابع الأربعة أصغر حجما وأقل تألقاً من المجرة نفسها . ولكن الفرق لا يقف عند هذا الحد .

فتوابع مجرة المرأة المسلسلة بمنزلة الأجزاء (لوحة ١٦) وليس لها أذرع لولبية ، وليس فيها تراب أو غاز ، ولها شكل متماثل بديع .

ومثل هذه المجرات منتشرة في الفضاء ولها اسم يناسب شكلها ، هو اسم المجرات البيضبة (الإهليجية) وقد ظل العلماء مدى طويلا عاجزين عن تحليلها إلى مكوناتها من النجوم ولكن دراسة أطرافها تدل دلالة أكيدة على أن مادتها نجمية صرفة .

وقد توصل إلى حل توابع مجرة مسيية ٣١ إلى نجومها المكونة لها في نفس الوقت الذي تم فيه حل نواة هذه المجرة . وقد ثبت أن النجوم المكونة لها متشابهة تمام التشابه . فكلها مكونة من نجوم الجبهة الثانية فقط وكلها تشبه الحشود الكرية الضخمة في كل شيء ما عدا أحجامها ولعانها .

وما نقوله هذا في حاجة إلى قليل من التعديل فإن هناك قليلا من الرقع المعتمة المنعزلة ، التي توجد في داخلها — وفي داخلها فقط — نجوم زرقاء ، وهي النجوم التي تعد من خصائص الجرة الأولى .

إن وجود توابع المجرة مسيية ٣١ مختلفة على هذا النحو في الحجم واللحان والتركيب يذكرنا بالتزامن العجيب بين أفراد النجوم المزدوجة والنجوم المتعددة . فهناك في الواقع تشابه لا شك فيه . فالمجرات الضخمة اللامعة ، من أمثال مجرة مسيية ٣١ ، واضحة تمام الوضوح . أما المجرات الصغيرة التابعة لها — المختلفة الأجزاء — فتكون الأغلبية الساحقة .

وشبهة بهذه ما نلاحظه في النجوم الاخفت التي تتألف منها المجرة ، فالنجوم

من الشمس أكبر عددا من النجوم أمثال راعى الجوزاء ، بل أكبر عددا من النجوم أمثال الشعرى اليمانية نفسها

فشكلة تطور المجرة لا تختلف فى شئ عن مشكلة تطور النجوم .
ولا شك عندى أننا إذا تمكنا من حل إحدى المشكلتين فسيستتبع ذلك لاهالة حل المشكلة الأخرى .

المجرات غير المنتظمة

إن وجود توابع لمجرة المرأة المسلسلة تختلف عن أمها إختلافا شديدا ، ليس بالظاهرة الفريدة . فإن لمجرتنا تابعين مختلفين أشد الإختلاف — وهما مايسميان سحب مجلان ، ولسوء الحظ لا تظهر هذه السحب إلا فى نصف الكرة الأرضية الجنوبي^(١) ، وهاتان المجرتان مختلفتان عن المجرات التابعة لمسييه ٣١ إختلافا بعيدا إلى حد يفوق التصور .

وسحب مجلان ليست إلا مجرات غير منتظمة (اللوحتان ١٤ ، ١٥) وليس لهذه المجرات هذا التماثل الذى نلاحظه فى المجرات البيضية ، ولا يمكن فى نفس الوقت أن نسميها مجرات مختلطة الأجزاء ، وإن كان لا يظهر فيها أى انغاف حلزونية .

هذه المجرات زاخرة بالحشود النجمية ، وتختلف كثافتها من مكان إلى آخر ، بشكل يختلف أشد الإختلاف عن مجرة مسييه ٣١ .

وسحابة مجلان الكبيرة عبارة عن مجرة ضخمة ، تفوق المجرة العادية من حيث الحجم واللمعان ، ومنطقتها المركزية كثيفة ويظهر فيها كثير من النجوم اللامعة والحشود النجمية ، وبعضها مطمور فى السدم اللامعة .

(١) يلاحظ أن أجهزة الرصد فى نصف الكرة الجنوبي غير متوفرة توفرها فى النصف الشمالى .
المترجم

وقد أظهر « شايلى » أنها تلمس ضوء المجرات البعيدة ، وما من شك فى أنها مكنظة بالتراب والغاز . أما سحابة مجلان الصغيرة فأشد شفافية من سحابة مجلان الكبيرة ، ومن ثمة فهى أقل ترابا ، والعدم اللامعة فيها أقل ، ولكنها زاخرة كذلك بالنجوم اللامعة .

وتشتهر سحب مجلان بما تحتويه من متغيرات قيفاوية فإن عددها فيها من هذه المتغيرات يكون نسبة كبيرة من العدد الكلى للنجوم التى تحتويها ، وهذه النسبة أكبر مما تحتويه أذرع مجرتنا أو مجرة مسييه ٣١ .

وهذه المتغيرات القيفاوية لها خلود التاريخ ، فمن طريقها أمكن ، لأول مرة ، اكتشاف منحنى «الدورة واللمعان» وتطبيقه فى شتى البحوث الفلكية ، وهذه العلاقة تعتبر فى الواقع المقياس الذى يمكننا من تقدير المسافة التى تفصلنا عن المجرات الشاسعة البعد ، والناحية الأخرى التى تسترعى النظر فى أمر سحب مجلان هذه هى أنها زاخرة بالعلاقة العليا الزرقاء — وهى نجوم شديدة الإسراف تبلغ فى العظم حدا يجعل العلاقة العليا فى مجرتنا لا تعد إلى جانبها شيئا مذكورا . فالنجم العملاق فى كوكبة السمكة المذنب مثلا — وهو واحد من ألمع هذه النجوم ويحتمل أن يكون نجما توأما — يبلغ لمعانه قدر لمعان الشمس مليون مرة . وهناك آلاف من نجوم هذه السحب تعتبر عملاقة عليا حقيقة ، وفى وسعنا — باستعمال الوسائل الحديثة المتاحة لنا — أن نجد فى سحب مجلان نجوما يبلغ لمعانها حوالى نصف لمعان الشمعى الجانبة .

وجميع النجوم التى ألمحنا إليها والتى تزخر بها سحب مجلان ، تابعة لنجوم الجبهة الأولى ، فمن عملاقة عليا لامعة ساخنة إلى متغيرات قيفاوية ، إلى سدم ، إلى تراب — وكلها تبدو فى الواقع عينة خالصة من نجوم هذه الجبهة لا تشوبها أية شائبة من نجوم الجبهة الأخرى .

والميز الوحيد لنجوم الجبهة الثانية هو الحشود الكرية ونجوم

ر. ر. السلياق . قبل تعطى هذه السحب أى إمارة على وجودها ؟؟؟

إن السحابة الكبرى تحتوى على عدد من الحشود النجمية البديعة المتناسكة، وكثيرا منها يشبه الحشود الكرية فى مجرتنا ، ولعائنا الكلى يكاد يعادل لعائنا الكلى . وهناك ما يوحى بأنها تحتوى على نجوم الجبهة الثانية ، ولكن هذا لا يزال محل شك .

وتدل البحوث التى قام بها أخيرا العلامة « ثاكارى » Thackeray فى مرصد رادكليف فى جنوب أفريقيا ، دلالة قاطعة على أن هذه الحشود ، وإن كانت تشبه الحشود الكرية ، فإن نجومها تتمتع بالخصائص المائتية المميزة للحشود المجرية ، فألح النجوم فيها هى أشدها زرقة . فالنجوم المكونة لها من حيث اللون والأبعاد تابعة للجبهة الأولى ، غير أن تماسك الحشود يوحى بأنها تابعة للجبهة الثانية .

أما معلوماتنا عن نجوم ر. ر. السلياق فأكثر دقة . ففى وسعنا أن نجد فى كلتا السحابتين نجوما أخفت من النجوم التى على شاكلة ر. ر. السلياق ومع ذلك لم يكتشف نجم واحد من هذه الفصيلة من بين آلاف النجوم المتغيرة المبرقة .

فهناك عدد كبير من القيفاويات ، وفى وسعنا أن نرى نجوما كسوفية ومتغيرات حمراء ، ولكن ليس هناك أثر لنجوم ر. ر. السلياق .

أما النجوم الجديدة فهى هنا أيضا قليلة نادرة ، وقد أكتشف منها عدد قليل جدا . وسبق أن رجحنا إلتواء هذه النجوم الجديدة إلى الجبهة الثانية .

فى هذا المرض العام الذى شهدناه على مسرح الكون ، كانت المناظر التى طالعنا محدودة جدا بطبيعة الحال — طالعنا صورة المجرة ، وأزقة المرور النجمية التى يحتمل أن تكون أذرعا لولبية ، وطالعنا صورة غمامة نجوم الجبهة

الثانية التى تحيط وتغلغل فى أجزاء المجرة . وطالعتنا صورة مجرة المرأة المسلسلة اللولبية التى لا تختلف من حيث منظرها العام عن المنظر الذى تبدو عليه مجرتنا لو أنها رصدت من الخارج . - فقد شهدنا فيها الأذرع اللولبية للجمهرة الأولى مظلورة فى التراب ، ويسودها غمامة كرية أو شبه كرية محملة بنجوم الجمهرة الثانية والحشود الكرية .

كما رأينا فى توابح مجرة مسيبة ٣١ الأقزام ، أى المجرات البيصية ، مجموعات خالصة من نجوم الجمهرة الثانية لا تشوبها شائبة ، بها نجوم تشبه نجوم الحشود الكرية .

كما استعرضنا مجرات تحتوى على مجموعات خالصة من نجوم الجمهرة الأولى ، وهى المجرات التابعة لمجرتنا وهذه هى المجرات غير المنتظمة .

وتبين لنا من إحصاء المجرات أن هذه الأشكال التى تتخذها هى أشكال نموذجية . وهناك مجرات أخرى لها خصائص تتوسط خصائص هذين النوعين أو تشذ عنها . ودراستها تهيء لنا الهيكل العظمى الذى نستطيع على هديه أن نصف المجرات ونقسمها حسب أنواعها .

ويبدو أن الغالبية العظمى من المجرات من النوع الإهليلجى أو القزمى الخافت ، أما المجرات اللولبية فتأتى فى المرتبة الثانية من حيث العدد ، وأما المجرات الغير منتظمة فيبدو أنها أندر أنواع المجرات .

وكما يحدث فى التزاوج بين أفراد النجوم من إئتلاف مجوم مختلفة الأنواع بعضها مع بعض ، يحدث أن تأتلف أنواع متباينة من المجرات لتتكون المجرات المركبة فنجد مجرات لولبية تأتلف مع مجرات إهليلجية ، ومجرات لولبية مع مجرات غير منتظمة ، كما نجد مزدوجا مجريا مكونا من لولين ومزدوجا آخر مكونا من إهليلجين

وعدد الطرق التي يمكن ان تأتلف بها المجرات لتكوين المجرات المركبة لا يكاد يكون له نهاية .

فهل تشير المجرات إلى مبدأ معين من التطور ؟ وهل من مقتضى هذا المبدأ أن تدرج نجوم المجرات في تسلسل معين معقول ؟

سيكون الجواب على هذا موضوع فصل تال
إن شاء الله .

الجزء الثالث

الدراما

الفصل السادس

أعمار الأشياء

هنا نحن أولاء قد تهيأنا لشهود قصة الكون وقد أوشكت أن تعيد نفسها من جديد على المسرح . . . لقد سبق أن إلتقينا بالممثلين : وهم النجوم ، والذرات والتراب . ومررت أماننا مشاهد تحكى لنا ما بين أفراد الممثلين من علاقات ، فرأينا الروابط الحيمة بين أزواج النجوم ، وشهدنا العلاقات القوية بين العائلات النجمية — كبيرها وصغيرها . . . وإستعرضنا المنظر العام للمسرح كله ، وشهدنا العلاقات المختلفة بين الممثلين .

وقبل أن نحاول إعادة بناء هذه المسرحية الكونية ، يجب أولاً أن نعد المسرح . إننا في حاجة الى أن نعرف كيف نشأت الشخصيات . . . وأن نبحث عن الأصل الذى بنى عليه هيكل القصة . . . وكيف تأتى لهذه البداية أن تتطور حتى تصل بنا الى عقدة المسرحية ؟

إن سؤالنا عن « كيفية » إبتداء الأشياء فى ظهورها يتضمن مشكلة أخرى لا تقل خطراً وهى « متى » بدأت الأشياء . . . وما عمر الممثلين ؟ وه . : متى بدءوا لأول مرة يتخذون أمكتهم فى تلك المواقف التى تحدثنا عنها ؟

إن تفكيرنا فى الأعمار الكونية تندمج فيه فكرتان ترتبط كل منهما بالآخرى كل الإرتباط هما فكرة العمر بمعنى الزمن الذى إلتقضى منذ بدء وجود شيء ما ، وفكرة فرصة الحياة المقدرة لهذا الشيء ، بمعنى المدة التى يحتمل أن يعيشها فى المستقبل . إن الفكرتين — كما هو واضح — مختلفتان كل الإختلاف ، ولكنهما مع ذلك مرتبطتان إرتباطاً كبيراً .

فإذا كنا نتحدث عن مخلوقات من نوع ما ، كالمخلوقات البشرية مثلا ، فن الواضح أنه كلما علا سن فرد قصرت المدة التي يتوقع أن يعيشها في المستقبل ، والمدتان — العمر الذي عاشه المخلوق ، والمدة التي يقدر له أن يعيشها في المستقبل — يتكون من مجموعها متوسط عمر هذا المخلوق .

ولكن الإنسان الذي عمره يومان هو في الواقع إنسان صغير ، أما البعوضة التي يبلغ عمرها يومين فلربما أعتبرت عجوزا جدا . ويمكن التعبير عن طول الحياة ، والعمر ، وعن الحياة المتوقعة لهذه المخلوقات الحية بالأيام أو الشهور أو الأعوام . ولكننا لا نستطيع أن نحكم ما إذا كان المخلوق الذي عمره يومان مسن أم صغير ، إلا إذا عرفنا نوع هذا المخلوق ، ومتوسط المدة التي إعتاد أمثاله أن يعيشوها . وفي وسعنا أن نتوسع في تطبيق هذه الحقيقة فنطلقها على عالم الأكوان . فالذرة التي عمرها عشرة ملايين من السنين يمكن أن تعتبر ذرة حديثة السن ، ولكن عشرة ملايين الأعوام هذه قد تكون هي كل الحياة التي يقدر لنجم من النجوم أن يعيشها . وقد أمكن التوصل الى طريقة عامة لتحديد ما إستدبرته كل شخصية من شخصيات القصة من العمر وما يقدر لها أن تستقبله ، ومدى الحياة المقدر لكل منها أن تعيشه ، وهذه الطريقة تتوقف على تحديد الأسباب التي تعمل في إحداث الشيخوخة ، وإيجاد وسيلة نستطيع بها أن نقيس السرعة التي تجري بها عملية الشيخوخة .

وبعبارة أبسط : يتعين علينا أن نعين سرعة التفتت التي تتناوب جسيما من الأجسام . وقد عرفنا في الفصل الأول أن النجوم تستهلك مادتها تدريجيا ، وأن النجوم المزدوجة تبعد عن بعضها البعض بتأثير الجذب العام للجهاز النجمي كله ، أى المجرة ، وأن الحشود النجمية تخضع لتأثير نفس هذه القوى التي تعمل على تغيير أوضاعها وتبديل حالتها ، كما تخضع لتأثير الحركات النسبية للمجرة التي تحتويها . . . فالواقع أن المجرات في أثناء حركاتها التدويمية إنما تعمل على تمزيق مادتها .

عمر الذرات

ليس في وسعنا أن تصور الكون كما نعرفه دون أن نخطر لنا ففكرة الذرات قبل كل شيء.. وجميع النظريات المعتمدة عن تطور الكون تجعل نقطة البدء هي فكرة الذرات — الذرات كما نفهمها اليوم . وتتخيل أنها كانت موجودة بنفس النسب الموجودة بها الآن على وجه التقريب . ومن أعجب الحقائق التي عرفناها عن التركيب الكيماوى للأشياء ، هو أن ذرات العناصر المختلفة توجد بنسب ثابتة في النجوم وفي مادة الفراغ النجمى التى لم تدخل في تركيب النجوم في يوم من الأيام (فهى لذلك لا تعتبر مواد نجمية)... وفي مواد الفراغ النجمى التى قذفت بها النجوم بعد أن أصابها الشيوخة وأشرفت على الطور الذى يدعى طور الإفلاس النجمى... وبعبارة أخرى أن النجوم قد تتغير تغيرا ملحوظا بينما التركيب الكيماوى للكون لم يتغير تغيرا يذكر .

وجميع النجوم تستهلك أيدروجينها وتحوله إلى هيليوم، وهى عملية يلوح أنها تسير فى إتجاه واحد سيرا مطردا حازما ، أى أن الأيدروجين يتحول إلى هيليوم دون أن يكون هناك مجال لعودة الهيليوم إلى التحول إلى أيدروجين.. ومع ذلك فالغالبية العظمى من الذرات الكونية لا تزال عبارة عن ذرات أيدروجين وفي وسعنا أن نحكم إذن بأن الذرات الكونية لا تزال حديثة السن، أى أن فرصة الحياة أمامها لا تزال مديدة .

فهل نستطيع أن نحسب عمر الذرات التى يعمر بها الكون، مقدرة بالسنين؟ نستطيع أن نصل إلى جواب إذا قدرنا السرعة التى تتحلل بها الذرات . فكما تتحلل الحشود النجمية والنجوم ، تتحلل بعض الذرات ، ويمكن بدقة حساب السرعة التى تجرى بها عملية التحلل .

ولست أقصد بعملية التحلل هنا، ما يتعرض له السحاب الخارجى المكون من الإلكترونات التى تتحكم فى الخواص الطبيعية والكىماوية للذرات ، وفى طبيعة الضوء الممتص والضوء المشع ، فليست هذه الإلكترونات سوى الشباب الخارجية للذرة .

ولكنى أقصد بعملية التحلل عملية أرسخ وأعقق ... فالنواة التى هى قلب الذرة ، تشيد من مواد أكثر إصالة — هى البروتونات ، والنيوترونات . وخواص هذه العناصر الأساسية للبادة محيرة للغاية ، والقوى التى تؤلف بينها من نوع آخر يختلف إختلافا تاما من القوى التى توجد بين النجوم والكواكب . ومعظم النويات مستقرة إلى أقصى حدود الإستقرار . فهى قادرة على الصمود إلى حد بعيد دون أن يلحقها تغير .

ولكن هناك نويات أخرى ذات طبيعة قلقة ، فهى تنزع إلى التفتت فى الظروف العادية . فإذا حدث بطريقة ما أن أكتسبت إحدى الدقائق المكونة لنواة ما طاقة كافية للتغلب على جاذبية سائر الدقائق ، إنطلقت وضاعت — وفى هذه الحالة — تتعرض نواة الذرة للتفكك .

وتعرف هذه العملية اليوم بإسم النشاط الإشعاعى . ومعظم النويات الذرية الثقيلة تعاني عدم إستقرار من هذا النوع ، ولكن هذا التأثير ليس قاصرا على النويات الثقيلة فحسب . فلكل نوع من أنواع النويات قابلية محدودة للتفتت — ومعنى ذلك أن لها مدة حياة محدودة . فإذا روق حشد من الذرات غير المستقرة من نوع ما فترة معينة — ولتكن عاما مثلا) ، لوحظ أن نسبة معينة منها تتحطم . فإذا أعيدت هذه التجربة على حشد آخر فى نفس النوع ولنفس الفترة الزمنية ، لوحظ أن نسبة الذرات المتحطمة لا تتغير .

ويمكننا أن نزداد فهما لهذه العملية إذا ضربنا لها مثلا بما يجرى مع البشر .

ففي الوسع مثلا أن تتبأ بدقة بعدد ضحايا السيارات في يوم من أيام العطلة ، (إذ يخرج الناس بسياراتهم للتنزه) ولكننا نعجز طبعاً عن تعيين أشخاص هؤلاء الضحايا . . . والتنبؤ بالكوارث النووية خاضع لقاعدة تشبه التي أنبئت في تقدير ضحايا السيارات . فنسبة الذرات التي تتحطم في فترة معينة من الزمن لنوع معين من الذرات غير المستقرة تظل أبداً ثابتة . . . ولكي نحدد هذه النسبة ، يتعين علينا أن نحصى « جثث » الذرات الصريعة . وهذا هو بالضبط ما يفعله علماء الطبيعة، وقد وجد أن بعض الذرات ، كذرات الكربون العادي مثلا ، لها « مائة » ضد الحوادث . . . وهناك أنواع أخرى من العناصر يهلك نصف عدد ذراتها في بعض ثانية . . . ويقاس مدى قابلية الذرات لهذا الضرب من الكوارث النووية ، بالزمن الذي يلزم حتى يهلك نصف عدد النويات . وهو يسمى نصف العمر الذري . وهذا الزمن — نصف العمر الذري — يمدنا بفكرة واضحة عن عمر الذرات التي تملأ الكون . فمثلا ، إذا كان لذرات مادة ما نصف عمر قصير ، فليس متظراً أن نجد أحياء من نوعها في الذرات الأولية .

وقد عرف هذا النوع من الذرات في الأيام الأخيرة . . . فليس البلوتينيوم والتينسيوم إلا مثلين لها ، وقد أستخدم هذان العنصران في صناعة القنابل « الذرية » ، وما كان لإختارهما إلا لقابليتهما الشديدة للتفتت ، مع ما يستتبع ذلك من آثار مهلكة للإنسان . . . ولكن كان لابد من أن تنشئ هذه الذرات بأنفسنا لإنشاء ، (وذلك بتعرض ذرات أخرى لظروف معينة لا مجال للخوض في تفصيلاتها) . . . أقول ، وكان على الإنسان أن ينشئ هذه الذرات لإنشاء ، إذا ليس لها وجود في الطبيعة . وهناك أنواع عديدة من البلوتينيوم . . . ويقدر نصف عمر ، أقل أنواعه « عرضة للحوادث » ، بحوالى ٢٠ ألف سنة ، ونحن نعلم أن ذرات البلوتينيوم يمكن أن تنشأ لإنشاء ، فقد صنعناها فعلاً .

ويحتمل أن يكون الكون في عصوره الأولى قد إحتوى على ذرات البلوتونيوم ، ولكن اليوم لم يبق منهم شيء في عالم الذرات ، فلا مناص من أن نفترض أنهم قد هلكن جميعا ومعنى ذلك أن عمر عالم الذرات ينوف كثيرا على ٢٠ ألف سنة ... أما أقل أنواع التيتونيوم تعرضا للكوارث فيقدر نصف عمره ، بعشرين مليون سنة . ولما كانت الطبيعة خلوا من عنصر التيتونيوم ، فني وسعنا أن نستنبط أن الذرات التي تعمر الكون لها من العمر مايزيد كثيرا على عشرين مليون سنة . ولكن الكون يحتوى على اليورانيوم الطبيعي ، بكميات صغيرة . واليورانيوم بدوره يتفكك بسرعة معينة ثابتة .

وتعرض نواته لعدة كوارث متعاقبة ، وتمر بسلسلة من التحول الذرى يتخذ فيه العنصر لنفسه عدة صور ، فيتحول إلى صور من الثوريوم ، ثم من البرموت ، ثم ينتهى إلى نواة ثابتة هي صورة من صور عنصر الرصاص . وذرات الرصاص هذه ماهى إلا «جثث» ذرات اليورانيوم الأصلية ، فإذا أحسيناها عدا أمكنتنا ان نحصل على «مقياس» يمكننا من تقدير عدد ذرات اليورانيوم التي لقيت مصرعها .

وقد أمكن فعلا قياس مدى إستسلام اليورانيوم للأحداث . ومن عدد «الجثث» يسهل علينا أن نقدر الزمن الذى إستغرقه مرور هذه الحوادث ، وقد وجد أن هذا الزمن هو حوالى ٥٠٠ مليون سنة .

وهناك جثث أخرى تخلفت في أثناء عملية تفكك اليورانيوم ، هي الهيليوم . ويتقدير الهيليوم الناتج ، نصل إلى ٥٥٠٠ مليون سنة .

ويوجد في الطبيعة نوعان من اليورانيوم ، وسرعة تفتت إحداهما تختلف عن سرعة تفتت الآخر . فأما أشدهما تعرضا للأحداث ، فهو كما لا بد ان

نتوقع أقل شيوعاً من الآخر فنسبة وجود الأول إلى الآخر تقل عن نسبة ١ إلى ١٠٠ .

وإذا عرفنا أنه عند بدء الخليقة كانت كيتا هذين النوعين متساويتين (وهو فرض معقول) ، أمكننا أن نحسب الزمن الذى مر حتى تضاءلت نسبة أقلهما حظاً إلى أكثرهما حظاً وصارت ١ / ١٠٠ وقد وجد أن هذه المدة حوالى ٦٠٠٠ مليون سنة . ومن الواضح أن هذه فترات زمنية هائلة ولكن التقديرات الثلاثة تؤدي جميعاً إلى نفس النتيجة على وجه التقريب .

وهذه المعلومات التى نستمدّها من الذرات غير المستقرة تضع لنا أفقاً أو حداً أقصى لمقياس الزمن الكونى يقل عن ١٠٠٠٠ مليون سنة .

ومن عهد قريب كان علماء الفلك يتصورون عمر الكون أطول مما نقدره اليوم بحوالى ألف مرة . ولكن هناك إتجاهاً عاماً - كما سئرى يسود الأذهان فى هذه الأيام ، وهو أن جميع البيانات الخاصة بأعمار النجوم والحشود النجمية يبدو أنها تنزع كلها إلى حصر عمر الكون فى «النطاق الأصغر» ، نطاق بضعة آلاف من ملايين السنين . وهو المدى الزمنى الصغير الذى إتخذه العلماء فى الجبل الماضى ، ولكنه يعتبر مدى طويلاً معقولاً بكل تأكيد ... وجميع المحاضرين من علماء الفلك لا يعترفون إلا بشئ واحد . وهو أن عشرة آلاف مليون السنة الماضية لا بد قد شهدت إنقلابات جسيمة فى الكون . ومحاولتنا التعرض لما حدث قبل هذا ، وإستعراض العوامل التى أدت إلى ميلاد الذرات نفسها ، هى فى الواقع محاولة مخفوقة بالصعوبة والخطر .

ولكن هناك شيئاً واحداً لا مناص من التسليم به . وهو أن الظروف التى تلائم بناء نواة الذرة ، تختلف إختلافاً تاماً عن الظروف التى نشاهدها فى الفراغ النجمى أو على سطح النجوم ، بل إنها تختلف عن جميع ما نفترض

حدوثه الآن في داخل النجوم . وهذه هي إحدى المشكلات التي تواجه أنصار الفكرة القائلة بأن الذرات تتولد في الكون باستمرار . فإن الظروف اللازمة لتولد الذرات غير متوافرة . وهناك مذهبان لتفسير الطريقة التي تولدت بها الذرات .

فأما أحد المذاهبين فيقول إن درجات الحرارة الخيالية — التي تتراوح بين مليون مليون درجة ، وبين مائة مليون مليون درجة — قد « طبخت » المكونات الأولى للذرات طبخا ، فحولتها إلى كتلة هبطت درجة حرارتها فيما بعد إلى درجات الحرارة « المتوسطة » التي تسود اليوم ، والتي لا تزيد على بضعة عشرات من ملايين الدرجات ، ولكن . . . كيف نفسر ما نلاحظه عن نسب أنواع الذرات المختلفة ؟ يبدو من الضروري أن نفترض أن عملية « الطبخ » قد تمت على مرحلتين ... إذ ليس من الممكن أن يتكون ما نشاهده من نسب الذرات المتعددة الأنواع بتأثير درجة حرارة واحدة .

وهنا نكون قد استعرضنا باختصار المذهب الأول في تفسير طريقة تكوين الذرات . أما أصحاب المذهب الآخر فيستوردون أن جميع مادة الكون كانت في يوم من الأيام مركزة في كتلة ضخمة نستطيع أن نسميها « الذرة العليا » وتحطمت هذه الذرة العليا وتفتت إربا بتأثير الإنشطار النووي الذي نشهد اليوم صورة « مصغرة جدا منه » فيما نراه في القنبلة الذرية .

هذا المذهب الذي يرى أن الكون كما نعرفه الآن يرجع تكوينه إلى انفجارات جبار يجد بعض التأييد فيما نلاحظه من أن المجرات التي تملأ كل المجال الذي يتناوله مدى رؤيتنا، تتمدد أو تنفجر مدبرة عنا في جميع الاتجاهات . ولكن هذه الحقيقة المشاهدة يمكن أن تفسر بطريقة أخرى كما سنرى فيما بعد ، ومعظمنا يشعر أننا يجب أن نحصر مجال البحث في نطاق فكرتين إثنين إذا شئنا أن نتجنب الشطط ونلتزم الجانب الأسلم ، تلك هما :

أولاً — أن هناك ذرات .

ثانياً — أنه يحتمل أن تكون هذه الذرات أقدم من النجوم .

ويجب أن نلاحظ أن الجزء الذي تحول من الأيدروجين الموجود في الكون إلى هيليوم لا يزال شطراً صغيراً منه حتى الآن . وفرصة الحياة المقبلة للنجوم مرتبطة تمام الارتباط بالفرصة المقبلة لبقاء الأيدروجين في هذه النجوم .

أما الذرات الثابتة الأخرى ، فليدونها ، في الواقع ، مستقبل غير محدد . وسيكون المصير النهائي للذرات هو أن تتحول إلى حشد من ذرات الهيليوم ، مع شوائب طفيفة من الذرات الأثقل . ولكن الوقت الذي يصل فيه العالم إلى هذه المرحلة لا يزال بعيداً عن نطاق الأفق المحدود الذي يرسمه تصورنا المحدود للمستقبل .

عمر الأرض

قبل أن نعالج تفحص الدلالات التي نستطيع منها أن نستنتج عمر النجوم والقرص المقبلة لحياتها ، فلنلق نظرة عارضة على الشواهد التي يمكن أن تدلنا على عمر ذلك الجزء الضئيل من الكون الذي يهمننا أكثر من غيره — ألا وهو الأرض التي عليها نعيش . وموضوع عمر الأرض يدخل في نطاق علم الجيولوجيا . وجميع الطرق التي أتبعنا لتقدير عمر الأرض تجمع على أن لها مائتي مليون سنة . فقد عاشت الثدييات على الأرض مدة تقرب من حوالي ٥٠ مليون سنة ، أما الزواحف فيرجع تاريخها إلى مدة تقارب ضعف هذه المدة . وهناك شواهد تدل على وجود نوع من الحياة على وجه الأرض يرجع تاريخه إلى ٥٠٠ مليون سنة . وقد قدر عمر القشرة الأرضية بالوسائل الإشعاعية بحوالي ٣٠٠٠ مليون سنة ، ولعلنا نذكر لمجرد المقارنة — أن عمر الإنسان على سطح الأرض يعود إلى ١٠٠ ألف سنة أو نحوها ، ويعود عهد التاريخ المكتوب (١٣٠٠٠ - ١٣٠٠٠)

إلى سبعة آلاف سنة . أما هذه الحضارة التي سلخت التي عام فلا شك أنها تسير سيرا موقفاً وأنها أدت خيراً كثيراً . وهذا الرقم الذي يعبر عن عمر الأرض يكشف عن حقيقة تستلفت النظر، فقد ثبت لنا من قبل أن عمر الذرات حوالى ٥٠٠٠ مليون سنة . وهامى ذى العمليات التي أجريتها لتسنين أمانا الأرض تكشف عن أن لها عمرا يدانى هذا العمر . ومن شأن هذه الحقيقة أن تقوض أساس النظرية الكونية التي تخيلت أن الذرات أسبق في الوجود، تليها النجوم، ثم الكواكب التي تولدت عن النجوم فبمقتضى هذه الحقيقة التي تعطى للأرض عمرا يعادل عمر الذرات لا يبدو أن هناك وقتا كافيا لحدوث هذا كله .

والآن ماذا نعرف عن عمر الشمس نفسها ؟

عمر الشمس

كان عمر الشمس من الموضوعات التي أثارت جدلا عنيفا في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر . ويكاد يكون من المؤكد أن كمية الضوء التي تنطلقها الأرض من الشمس لم تتغير كثيرا منذ بدأت الحياة على الأرض .

فلو هبطت كمية الضوء والحرارة التي ترسلها الشمس إلينا بمقدار ١٠ ٪ لغدت الأرض أبرد من أن تسمح بقيام الحياة، ولو أن الكمية زادت بمقدار ١٠ ٪ لغلى الماء على سطح هذا الكوكب، ولاستحالت الحياة عليها . ولكن إتصال وجود الحياة على الأرض كما كشفت عنه « وثائق » الحفريات — لا يثبت لنا فقط أن الشمس كانت « هناك » طيلة هذه العصور والاحقاب ، ولكنه يثبت لنا أمرا آخر أحفل بالأهمية والدلالة ، وهو أن الشمس كانت في جوهرها طيلة هذه العصور والاحقاب كما هي الآن وأنها ظلت على تلك الحالة الثابتة ما لا يقل عن ٥٠٠ مليون عام .

وهذه الفترة تعادل عشر مدى الألفى الزمنى الذى تكشفه لنا عمر الذرات .

وتقع الشمس قرب منتصف سلسلة التتابع الرئيسى ، فليس من المحتمل أن تكون قد تغيرت تغيراً سريعاً أساسياً ، حتى قبل بدء هذه الفترة الأخيرة من الهدوء الشمسى ، ولم تعد الأرض — فى نظر العلماء — وليدة ثوران مدمر حل بالشمس بل لعل الأقرب إلى الإحتمال أن الشمس والأرض تولدتا نتيجة عملية واحدة . فلم تكن الأرض جزءاً من الشمس ، بل لعل درجة حرارتها لم تكن فى يوم من الأيام درجة مفرطة فى الارتفاع ، ولكنها تولدت مباشرة — عن مادة صلبة تكثفت فنشأت عنها الشمس والكواكب فى وقت واحد .

وأكبر الظن أن الشمس كما نعرفها — ليست أكبر سناً من الأرض ، بل لعل العكس هو الصحيح .

أعمار النجوم

يرتبط موضوع أعمار النجوم ارتباطاً وثيقاً بموضوع «غذاء النجوم» . فالنجوم تغذى على الطاقة الكاملة فى نوى ذراتها . . . وليس من المستطاع تصور مصدر آخر للطاقة الهائلة التى تشعها غير هذا المصدر . وقد شرحنا فى فصل سابق العمليتين اللتين تغذى بهما النجوم ، وهما دورة الكربون ، وتفاعل « البروتون — البروتون »

وتفاصيل العمليتين مختلفة — ولكن السمات الرئيسة لهما واحدة . . . فنوى الأيدروجين هى غذاء النجوم ، وهى تتحول بأى الطريقين إلى نوى الهيليوم ، ولكن الخلاف بين العمليتين هو فى الطريقة التى تسلكها فى هذا التحول .

ولا يلبح النجم إلا إذا توافر فيه الأيدروجين ، وبقاؤه متوقف على الطريقة التى يتبعها فى إنفاق ماله منه من رصيد . والأغلبية الساحقة من ذرات

الكون هي ذرات أيديروجين وفي وسعنا أن نتصور أن هذه الحقيقة تسرى على تركيب الكون في مبدأ حياتها . ودعنا نفترض فرضاً أن النجم قد ابتدأ حياته بنصف وزنه أيديروجيناً . وهذا الفرض يتفق مع الحقيقة المعروفة من أن عنصر الأيديروجين أخف الذرات جميعاً ، ويُفسر ما نشاهده من كتلة النجم وحجمه .

ويكون العمر المقدّر للنجم متناسباً طردياً مع كتلته الكلية ، وعكسياً مع السرعة التي يستهلك بها غذاءه من الأيديروجين .

ولسنا واثقين كل الثقة من أن النجم قادر على استهلاك كل ما لديه من أيديروجين ، فأكبر الظن أن النجم لا يسمح له بأن يتغذى إلا على عشر رصيده من الأيديروجين ، وذلك راجع إلى أسباب معقدة ، تتعلق بالتفاصيل الفاضلة الخاصة بتركيب النجم . فلنفترض إذن أن الجزء الذي يمكن للنجم أن يحوله من الأيديروجين إلى الهيليوم لتكوين ضوئه لا يتجاوز جزءاً من عشرين جزءاً من وزنه الكلي .

ففي وسعنا أن نحسب بالضغط كم من الضوء ينتج عن هذه العملية إن الأيديروجين لا ينعدم ، ولكنه يتحول إلى مادة الهيليوم بالنحام أربع من ذراته ويلاحظ أن وزن ذرة الهيليوم أقل بقليل من ذرات الأيديروجين الأربع التي تحولت إليها ، فنقل عنها في الواقع بمقدار 0.7% ، وتتحول الكتلة الفائضة إلى طاقة طبقاً لقانون أينشتاين المشهور (أنظر ص ٨) وتبدو أخيراً على هيئة ضوء نجمي . والواقع أن النجوم لا تلعب إلا بفضل تلك الخسارة الطفيفة في كتلة الأيديروجين التي تصاحب إلحام نوى ذراته الأربع .

وتسمح لنا معادلة أينشتاين أن نحسب بالضغط كمية الضوء الناتج عن استهلاك مقدار معين من الأيديروجين ، فإذا عرفنا اللعنان الكلي للنجم من النجوم ، لوسعنا أن نحدد بالضغط مقدار ذرات الأيديروجين التي تستهلكها .

ونستطيع في جدول كالآتي (جدول رقم ١) أن نعرض صحيفة ميزانية النجوم ومعظم النجوم التي في وسعنا أن نعرض «موجوداتها» و «ديونها» هي نجوم مزدوجة ، لأنها الوحيدة التي نستطيع وزننا . . . فعليها قبل كل شيء أن نحدد «موجودتها» أعني كتلة النجم الكلية ، ومقدار ما يمكن أن يتحول من هذه الكتلة إلى غذاء ، (وقد ذكرنا من قبل أنه يساوي $\frac{1}{10}$ من الكتلة الكلية) والكتلة الكلية المكافئة للضوء المنبعث (وهي تعادل سبعة أجزاء من ألف جزء من الكتلة التي تتحول إلى غذاء) .

وعلى الجانب الأيسر من الصحيفة نسجل ديون النجم أو «خصوماته» أي المعادل الكتلي للضوء الذي تطلقه في الثانية . وبعملية قسمة بسيطة نستطيع أن نقدر طول الزمن الذي ينتظر للنجم أن يستمر فيه على هذه الوتيرة وبهذه السرعة في إطلاق رصيده .

ويجب أن نؤكد أن الأرقام الموجودة في الجدول تبدو في مظهر من الدقة خادع . فقد أدخلنا في حساباتنا كثيرا من الفروض المحتملة .

فلنفرض — مثلا — أن باطن النجم دائم الحركة (ربما لأنه من النجوم المدومة) فقد يلجأ النجم في هذه الحالة إلى صرف جميع الأيدروجين المتاحة له ، ولا يقتصر على العشر فقط ، فثل هذا النجم مقرر له أن يعيش عشرة أضعاف المدى المبين بالجدول ، وكذلك النجم الذي يبدأ حياته بكمية من الأيدروجين تزيد عن نصف وزنه تكون فرصته في الحياة أكبر .

فصحيفة النجم لا يمكن أن تكتب إلا بطريقة تقريبية . فالأرقام الموجودة في العمودين الأخيرين في الصحيفة يمكن أن تزداد بمقدار عشرة أمثالها أو تنقص بحوالي عشر مقدارها . والوحدات المينة للدلالة على «موجودات» النجوم و «خصوماتها» هي بالضرورة وحدات هائلة .

فالوحدة المستعملة في تقدير كتلة النجوم وإشعاعها المتاحة هي مليون مليون مليون طن د أى ١٠^{٢٤} جرام.

أما الوحدة المستخدمة في تقدير المنصرف من الضوء فقدره بملايين الأطنان في الثانية. والوحدات التي اخترناها لبيان طول الحياة التي يقدر للنجم أن يمضيها في المستقبل ٠ هي ١ بليون سنة د ١٠^٩ سنة . .

جدول رقم ١ حساب عملية النجوم

الاسم النجم	الكتلة (الوحدة = ١٠ ^{٢٤} طن)	ما يمكن أن يشعه النجم بدلالة الكتلة (الوحدة ١٠ ^{٢٤} طن)	معدل الإشعاع في الثانية (الوحدة ١٠ ^٩ طن)	العمر المقدر	
				١٠ سنة	بالنسبة إلى الشمس
نجوم التاج الرئيسي					
كروجر ١٠٦٠	٥٣٥	٠٠١٩	٠٠٠٢	٢٩٨	٧٦
كروجر ٦٠ ب	٣٥٧	٠٠١٢	٠٠٠٠٦	٦٥٨	١٢٥
م الجاني أ	(١٩٨٣)	٠٠٦٩	١٢٠٧	١٠٦	٠٠٣
م الجاني ب	٩٩٠	٠٠٣٥	٠٠١٢	٩٠١	١٥٧
م الجاني ج	٧٩٥	٠٠٢٨	٠٠٠٨	١١٠١	٢١
هـ ذات الكرسي أ	١٥٩٠	٠٠٥٦	٢٠٨٢	٤٠٦	٠٠٩
هـ ذات الكرسي ب	١١٩٠	٠٠٤٢	٠٠١٤	٩٧	١٨٠٥

(٥) أستعملت هنا الأطنان المترية . الطن المترى = ٢٢٠٥ رطل . الكتل
الموضوعة بين قوسين مستنبطة من تقديرات أساسها القانون الذي يربط بين
الكتلة واللمعان .

(٥٥) في المجموعات المزدوجة أو المجموعات المتعددة نميز مركبات المجموعة
بالحروف أ، ب، الخ ...

العمر المقدر	بالنسبة إلى الشمس	١٠ سنة	معدل الإشعاع في الثانية (الوحدة ١٠ ^٦ طن)	ما يمكن أن يشعه النجم بدلالة الكتلة (الوحدة ١٠ ^{٢٤} طن)	الكتلة (الوحدة = ١٠ ^{٢٤} طن)	اسم النجم
١,٨		٩,٣	٢,١١	٠,٦٢	١٧٨٠	٧٠ الحواء أ
٢,٦		١٩,٠	٠,٩٣	٠,٥٦	١٥٩٠	٧٠ الحواء ب
٠,٩		٤,٨	٥,٠٦	٠,٧٦	٢١٨٠	رحل قنطورس أ
١,٣		٧,١	٢,٩١	٠,٦٥	١٨٧٠	زحل قنطورس ب
٠,٢		١,٢	٢٠,٢٠	٠,٧٦	٢١٨٠	الضبايع أ
٢,٤		١٢,٧	٠,٨٤	٠,٣٥	٩٩٠	الضبايع ب
١,٠		٥,٢٥	٤,٢١	٠,٦٩	١٩٨٣	شمسنا
٠,٩		٤,٦	٨,٠٢	١,١٨	٣٣٧٠	س الاكليل الشمالي
١,٠		٥,٠	٣,٥٠	٠,٥٦	١٥٩٠	س الاكليل الشمالي ب
٠,٢		١,٠	٢٣,٦	٠,٧٦	٢١٨٠	الشعرى الشامية
٠,٠٤		٠,٢٤	٢١٦	١,٧٠	٤٨٥٠	الشعرى اليمانية
						النجوم المعالقة
٠,٠٠٣		٠,٠٢	٥٥٥٠	٣,٠٢	٨٣٥٠	الميون أ
٠,٠٠٣		٠,٠٢	٣٥٩٠	٢,٢٩	٦٥٥٠	الميون ب
٠,٠١		٠,٠٥	٥٣٠٠	٨,٣٣	٢٣٨٠٠	السماك الرابع
٠,٠٠١		٠,٠٠٦	١٤٠٠٠	٢,٧٨	(٧٩٥٠)	الدبران
٠,٠٠١		٠,٠٠٦	٣٠٦٠٠	٦,٢٣	(١٧٨٠٠)	الفرع الأول
						نجوم المعالقة العليا
٠,٠٠٢		٠,٠٠٨	٤٠٢٠٠	١٠,٤٣	(٢٩٨٠٠)	إبط الجوزاء
٠,٠٠١		٠,٠٠٦	١١٢٠٠٠	٢٠,٨٦	(٥٩٦٠٠)	قلب العقرب
٠,٠٠٢		٠,٠٠٨	٨٦٠٠٠	٢٢,٧٥	(٦٥٠٠٠)	رأعي الجوزاء
٠,٠٠٠٠٠٦		٠,٠٠٠٠٣	٢٦٧٠٠٠٠	٢٥,٠٣	٧١٥٠٠	و. ي. السكب

والأرقام الدالة على كتل النجوم إذا وضعت بين قوسين فهذا دليل على أنها أرقام مبنية على إقراض أن النجوم خاضعة لقانون الكتلة واللمعان . ولكن هذا القانون لا ينطبق في الواقع على جميع النجوم . فهناك مجموعة من النجوم فائقة اللمعان ، أى أنها أشد لمعانا مما يوحى به القانون ، وأغنى بها تلك المجموعة الكبيرة العدد الفائقة الأهمية ، بمجموعة العملاقة السفلى وهي أشد إسرافا من نجوم التابع الرئيسى التى تساويها كتلة ، والمدى المقدر لحياتها — بالتالى — أقصر .

ولم تقدر كتلة السماك الراح بطريقة مباشرة ، لأن هذا النجم ليس نجما مزدوجا له مدار معروف وقد استنبطت كتلته من دراسة خصائصه الطيفية .

ويبدو أن كتلة السماك الراح تفوق ما كان يقدر لنجم فى مثل درجته من اللمعان . ومن ثمت فهو يشع ضوءا أقل مما يتوقع لنجم فى مثل كتلته .

وأكبر الظن أن شذوذ هذا النجم شذوذ حقيقى ، وإن له دلالة كبيرة ، فهذا النجم أحد النجوم القليلة ذات السرعة الفائقة التى توجد قريبا منا ، ومن ثمت كان من السهل دراسته دراسة تفصيلية .

وأكبر الظن أن نجوم الجمرة الثانية — بوجه عام — تتميز بأن إشعاعها يجرى على قدر وحذر ، وأن إفتقارها الذى أشتهرت به إلى النجوم العملاقة العليا الفائقة اللمعان يمكن أن يكون مرده إلى تلك الظاهرة .

وقل أن تجد بين نجوم الجمرة الثانية نجوما قد عرفت كتلتها ، لأن النجوم الثانى وإن لم تكن منعقدة فى نجوم هذه الجمرة — فهى أندر منها فى الجمرة الأولى . وعلى الرغم من أننا لم نتوصل إلى تقدير الحياة المقبلة للنجوم على وجه الدقة فإن الجدول على أى حال يجرى على نسق رئيسى محدد . فالشمس ، ومعظم نجوم التابع الرئيسى ، يقدر لها أن تعيش مدة تقرب من — أو تتجاوز — ٥٠٠٠ مليون سنة وهى مدى الأفق الزمنى الذى يتحدد بعمر

الذرات وكشفت عنه عمر العناصر . ولكن ما نكاد نبغ في سلسلة التناج
الرئيسى إلى الشعرى اليمانية ، حتى نجد أن الحياة المقبلة للنجوم قد تضاءلت إلى
١٠٠٠ مليون سنة .

وللنجوم العملاقة شأن آخر يختلف عما ذكرنا كل الاختلاف ، فأعمارها
متباينة فالنجم العيون يقدر له أن يعيش ٢٠ مليون عام ، بينما نجم منكب
الفرس لن يكتب لها أكثر من ٦ ملايين عام .

أما ألمع عملاق جبار في الجدول ، وأعنى به المزدوج الكسوفى العظيم ،
الذى يدعى و.ى . الكلب فقد أسفر فحسه عن نتيجة مذهلة . فلن يقدر لهذا
النجم — وأسفاه — أن يعيش أكثر من ثلثائة ألف عام ...

بل إن ألمع نجم عرف حتى الآن وهو عملاق السمكة المذهبة في مجابة
مجلان الكبرى ستكون نهايته أسرع من هذه النهاية

والنتائج التى يتضمنها هذا الجدول نتائج محيرة ، ولكن من الصعب تكذيبها
أو تفنيدها . فهذه النتائج تقرر أن المدة التى إستغرقتها الحياة على سطح الأرض
أطول من الحياة الممكنة لمعظم النجوم اللامعة ... فلو أن النجم راعى الجوزاء
كان لامعا فى الوقت الذى كانت تتكون فيه مناجم الأرض الفحمية ه أى
منذ ٢٠٠ مليون سنة ، إذن لكان قد إنتهى الآن من إستنفاد كل رصيده من
الاييدروجين .

فليس أمامنا إلا أن نفترض أن ظهوره قد صاحب بدء ديبب الحيوان
على الأرض . ولو أن عملاق السمكة المذهبة كان موجودا منذ نصف مليون
سنة ، لكان اليوم قد بلغ نهايته — أو على الأقل — لاصبح شيئا آخر غير
هذا النجم الضخم الذى نراه الآن . وإذن لا مناص من أن نستنبط أن راعى
الجوزاء وعملاق السمكة المذهبة هما نجمان لم يتعديا مرحلة الطفولة ، إذاقورنا
بالأرض الشيخة العجوز ... على أن المدة التى يتوقع أن تعيشها الشمس فى

المستقبل لا يمكن أن تقل كثيرا عن عشرة أضعاف مده الإفاق الزمنى الذى تحدده الذرات . ففى وسعنا أن نستطيع أن طاقة الشمس لم تنفذ بعد . وإنه لا يزال بينها وبين النفاذ بون شاسع . وأكبر الظن أن فى وسعنا أن نطمئن إلى شمسنا وأن نعتد عليها أجيالا متطاولة من الزمان ، أما بقاؤها طيلة حياتها دون أن يلحقها تغير فسألة أخرى . وتدل الحسابات الزمنية الدقيقة التى قام بها ليدوكس Ledoux على أن الشمس قد إستهلكت حتى الآن نصف رصيدها من الأيدروجين ، ومن الجدول نستطيع أن نستدل على المدة الكلية التى ينتظر أن تعيشها النجوم على مختلف أنواعها . وتتوقف مدة الحياة المقبلة لنجم من النجوم على المدة التى مرت عليه فعلا منذ بدأ يتألق ، فإذا كان المدى الكلى لحياة النجم يزيد عن ٥٠٠٠ مليون سنة ، فليس فى وسعنا أن نعرف الفترة التى سلخها فعلا من حياته .

ولكن هناك طريقة يمكن بها تقدير هذه الفترة ، وإن تسكن طريقة مخفوفة بالمزائق والعثرات ، فإذا إستطعنا أن نقدر نسبة الأيدروجين الذى إستهلكه النجم ، أمكننا أن نحس طول المدة التى سلخها من حياته ، وعملية إحصاء ذرات الأيدروجين فى جو النجوم لا توصلنا دائما إلى نتائج يطمئن المرء إليها ، ولكن هناك ما يشير إلى أن رصيد نجوم الجبهة الثانية من الأيدروجين أقل من رصيد الجبهة الأولى إذا إتحدت درجة البعان فى الحالتين .

وإذا شئنا أن نؤول هذه الظاهرة التأويل الصحيح ، فعناها أن نجوم الجبهة الثانية قد سلخت من حياتها مدة أطول — أى أنها أكبر سنا من نجوم الجبهة الأولى التى تشبها شبا ظاهريا . وما نقصده بعمر الأشياء يبدو واضحا جدا من محتويات الجدول .

فإن عددا من السنوات يمر على نجم مثل راعى الجوزاء فينقله من طور الشباب إلى طور الشيخوخة ، ومن النشاط المسرف إلى الخمود والإفلاس هذا العدد من السنين نفسه — يمر على الشمس فلا يكاد

يحدث بها تأثيرا يذكر ، وكان العمر لم يتقدم بها ولا مرت بها سنوات وقد وجدنا هذا الاختلاف نفسه في عالم الذرات... فإن الفترة التي تكفي لإهلاك مجموعة من ذرات التيتونيوم ، تمر على مجموعة من ذرات اليورانيوم فلا تحدث فيها إلا تأثيرا طفيفا ، وتمر على مجموعة عادية من الكربون مثلا فلا تحدث فيها تأثيرا على الإطلاق .

وسنرى نفس هذه الظاهرة تنطبق — أيضا — على الحشود النجمية والمجرات ، فعملية التقدم في العمر لا يمكن أن تقاس بالسنوات ، وحدها . وهنا يجب أن نتنبه جيدا إلى فرض أساسي أتخذ كقاعدة مسلم بها في حساب الحياة المقدرة للنجوم ، فالأرقام المعطاة في الجدول مبنية على فرض أن النجوم تبعث إشعاعاتها الآن بنفس المعدل التي كانت تبعث به إشعاعاتها فيما مضى .

وبعبارة أخرى ، يعني هذا الفرض — ضمنا — أن أى نجم ذى كتلة ثابتة لا بد أن له — دواما — لمعانا معينا — وهذه النتيجة مستمدة من قانون ارتباط الكتلة بالمعان .

بل أنه حتى إذا فرضنا أن النجم كله مصنوع من أيديروجين ، وأنه قد حول هذا الأيديروجين كله إلى هيليوم ، فإن الحسارة في الكتلة لن تتعدى ٠.٠٧ من الكتلة الكلية ، وهي كمية يمكن إهمالها .

وعلى ذلك فإذا كان التغير الذي يحدث في كتلة النجم قاصرا على ما يفقده عن طريق الإشعاع ، فمعنى ذلك أن كتلة النجوم لا تتغير طول حياتها تغيرا أساسيا ، وإذن ، فإذا صح أن القانون الذي يربط الكتلة بالمعان يسرى طيلة فترة حياة النجم ، كان فرضنا قائما على أساس سليم .

ومع ذلك — فإن هناك نجوما تتمرد على قانون الكتلة والمعان تمردا

واضحاً، وقد أوضح ستروف Struve أن النجوم المكونة للكسوفيات — وعلى الأخص نجوم « الغول » — هي أشد النجوم تمرداً على هذا القانون .

فالرفيق الاخفت الاكبر ، في هذه النجوم شديد اللمعان إلى درجة تفوق المستوى العادى ، وقد أوضح ستروف كذلك أن هذه الظاهرة تنطبق على أحد مكوفى المزدوجات التوأمية القزمية وإن كان على نطاق ضيق وهذه المزدوجات توأمية من حيث اللمعان لامن حيث الكتلة ..

والنجمان المكونان لها قريبان أحدهما من الآخر قرباً وثيقاً ، ويتبان دورتهما فى وقت قصير ، ويظهران مشوهين بفعل المد ... وتسمى هذه المزدوجات النجمية بنجوم و . الدب الأكبر

وبالمثل كذلك لاحظنا من قبل أن لمعان نجوم الجبهة الثانية قد يكون تحت مستوى اللمعان الذى يعطيه قانون الكتلة واللمعان

وإذا طبقنا قانون علاقة الكتلة باللمعان على أعمار النجوم التى لمعانها فوق المستوى لخرجنا بأعمار أطول مما يقدر لها أن تعيشه فى الواقع . أما النجوم التى تحت مستوى اللمعان فى وسعها أن تطيل حياتها . وسنعالج بعض نتائج هذه الاحتمالات فى الفصل الأخير إن شاء الله .

وأقل النجوم لمعانا على الإطلاق هى الأقزام البيض ، التى تشع كمية من الضوء أقل من مائة مرة — أو ربما الف مرة — من كمية الضوء التى كنا نتوقع أن تشعها تبعاً لقانون الكتلة واللمعان .

وقد رأينا من قبل أن هذه النجوم الخاملة المقلسة قد إستغفنت فى الواقع كل رأس مالها الايدروجينى فهل لنا أن نستببط أنها نجوم معمرة قد بلغت من العكبر عتياً ؟

وإذا كان عهد الشمس يعود إلى المدى الزمني الذي عينته الذرات، فإذا عن رفيق الشعري الثمانية — الجرو — الذي لا تقل كتلته عن كتلة الشمس؟ أترام أكبر من الشمس سنا بكثير؟ .. فكيف تأتي له أن يقترن بنجم لا يزال يعد بالنسبة إليه حدثا فتيا؟

سنعالج هذا السؤال في الفصل الأخير، وإن كنا لا نقطع بأننا سنجيب عنه إجابة شافية.

أعمار النجوم المزدوجة

درسنا في الباب الثالث موضوع النجوم المزدوجة — تلك التوائم النجمية التي ولدت معاً وعاشت حياتها معا.. وقلنا أن الارتباطات النجمية متينة لا انفصام لها، ولكن مرور الزمن يفعل فعله في التخفيف شيئاً ما من قوة ما بين التوأمين من رباط، وفك ما بينهما من وثاق، وذلك بتأثير جاذبية النجوم الأخرى. وقد بات في الإمكان حساب المعدل الذي تجرى عليه القوى الخارجية في توسيع الشقة بين النجوم المترابطة. وقد بين أمارتسوميان أنه يلزم — في المتوسط — حوالي ١٠.٠٠٠ مليون سنة لإبعاد زوج من النجوم أحدهما عن الآخر إلى مسافة تساوي المسافة بين الأرض والشمس ١٠ آلاف مرة.

والبعد بين الزوجين في كثير من المثاني المرئية يقرب من هذه المسافة. وقد رأينا من قبل أن الأغلبية العظمى من النجوم — أو ما يزيد على نصفها — هي أعضاء في مجموعات ثنائية. والذي نستطيع أن نستنبطه هو أن التأثير الذي يعمل على توسيع الشقة بين النجوم المألوفة كان يقوم بدوره منذ مدة لا تزيد على ١٠.٠٠٠ مليون سنة. وينبغي أن نلاحظ بعين التأمل أن هذه المدة تقرب من العمر الحالي للذرات الذي إستنتجناه من عدد الذرات الصريعة.

أعمار الحشود النجمية .

ليست الحشود النجمية مجرد نماذج لمئات نجمية هائلة مكونة على النسق المعقد الذى تتكون منه عائلة النجوم . فى — بدورها — يمكن أن تكشف لنا عن حقيقة أعمارها إذا درسنا سرعة تحطمها وفتتها إلى نجوم مفردة .

فالقوة الناشئة عن جذب المجموعة النجمية كلها تنزع إلى إبعاد النجوم عن الحشد ، بينما ينزع جذب أفراد الحشد بعضها لبعض إلى إبقائها داخل الحشد . ولسنا فى حاجة إلى أن ندخل فى تفاصيل علمية لكى نؤكد أنه كلما كانت الحشود النجمية أثقل وأكثف ، إزدادت تماسكا وتوثقا ، وعلى العكس من ذلك الحشود المفككة التى لا تحوى إلا نجوما قليلة . فالحشد الذى يوجد فى كوكبة الدب الكبير ، الذى يحتوى على معظم نجوم الكوكبة ، ليس من الكثافة أو الثقل بحيث يمكن أن يتماسك تماسكا تاما . فهو ينهار ويتفكك أمام أعيننا . وأكبر الظن أن فترة الحياة الباقية له هى حوالى ٢٠٠ مليون سنة . أما حشد الثريا فهو أكثف وأكبر كتلة ، ووزنه يعادل وزن الشمس ٤٠٠ مرة تقريبا ، وتبلغ حياته من البداية إلى النهاية — كما بين بوك BOK — حوالى ٣٠٠٠ مليون سنة ، أى أنه لا يبعد عن الأفق الزمنى السابق الذى تعينه الذرات ، ومن المحتمل أن تنتهى حياته بإنهياره وتراكم أجزائه بعضها فوق بعض ، لا بتفتته .

وليس فى وسعنا أن نفترض أن هذه الحشود أقدم من الذرات ، ولكن الأقرب إلى الإحتمال أنها أحدث سنابل أحدث كثيرا .

إن الحشد المفكك القليل الكتلة الذى أوشكت أجزاؤه أن تتفكك ، يكون فى الغالب أكبر سنا من حشد آخر مازال متماسك الأجزاء ، ولو قساوى عدد النجوم المكونة للحشد فى الحالتين .

وبما يسترعى الملاحظة أن الحشود المجرية كلها إزدادت تفككا كان عدد

النجوم البراقة والنجوم الحارة فيها على وجه العموم — أقل بما لو كان الحال هو العكس . كذلك يلاحظ أن النجوم المزدوجة التي تكون الرابطة بين أفرادها محكمة وثيقة — تلك التي نراها على حالة مثان مطيافية تتضمن كل أنواع النجوم اللامعة ذات درجات الحرارة العالية (كما تشمل أيضا عددا كبيرا من نجوم أبرد وأخفت) . أما النجوم المزدوجة التي لا يكون تماسك بين أفرادها قويا والتي نراها كمزدوجات مرئية ، فلا يمكن أن تنتمي إلى النجوم الشديدة الحرارة .

وهائن أولاء نلمح أول خيط من خيوط التطور : فكلما اشتد تماسك الحشود النجمية والنجوم المزدوجة كانت عملية التباعد بين أفرادها أقل أثرا ومن ثمة فالمحتمل أن تكون أحدث من غيرها تكونا ، وأن تحتوى من النجوم ألمعها وأسخنها .

وسنرى في الفصل الأخير النتيجة التي تتضمنها هذه الحقيقة ، وسنرى أن في وسعنا أن نستنبط أن هذه النجوم هي أحدث أنواع النجوم إطلاقا ، وأن المرتبطات النجمية التي ذكرناها في الفصل الرابع — إن كان أفرادها يكونون بمجموعات طبيعية حقا — لا يمكن أن يزيد سنها عن بضعة ملايين من السنين . وتحرك الحشود الكرية في عمرات تميل ميلا شديداً على الطريق اللبني . وهي أشد إحشاداً وأكبر كتلة من الحشود المجرية ، وتكاد تكون في مأمن من خطر التفكك الذي يمكن أن يصيبها بتأثير جذب المجرة وهي من الكبر بحيث تؤثر الجاذبية المتبادلة بين أفرادها عليها وتمصها من التفكك إلى ماشاء الله . وهي غير واقعة تحت تأثير أية قوة خارجية ؛ كذلك التي تعمل عملها الحاسم في تفكيك الحشود المجرية . إنها في مأمن من تأثيرات الحركة الدورانية النسبية التي تعمل عملها في توهين الارتباط بين الحشود النجمية وتوسيع الشقة بين أفرادها ؛ تلك الحركة التي تجدها في الطبقة الرقيقة التي تسبح فيها الحشود المجرية داخل الغمامة المركزية المحملة بالتراب والذرات .

فليس ثمة خطر من تأثير هذه الحركات الدورانية النسبية — التي توجد في طريق الحشود المجرية على تلك الحشود الكرية وتلك حالها من شدة التماسك ووفرة عدد النجوم المكونة لها . وإن للتوقع للحشود الكرية أن يكون أمامها حياة مديدة ، ولا يعد مع ذلك أن تكون قد خلفت وراءها عمرا مديدا .

أعمار المجرات

والآن ، ماذا يمكن أن نعرف عن أعمار المجرات نفسها ؟

أما المجرات الإهليلجية ، فليست إلا صورة مكبرة من الحشود الكرية ، فالمستقبل الذى ينظرها لا يختلف عن مستقبل هذه الحشود ، وربما كان تاريخها مشابها لتاريخها أيضا . أما الشطر المقبل من حياتها ، فلا يكاد يكون له نهاية ، وأما الشطر الذى إنقضى منها ، فربما كان في غاية الضخامة كذلك .

ولكن المجرات اللولبية لها شأن آخر . فهي دائبة التدويم ، ولكن حركاتها التدويمية غير منتظمة : فالحركة عند المركز بطيئة ، وتزداد سرعتها كلما ابتعدنا عنه ، حتى إذا ما بلغت المناطق الخارجية القصية عادت الحركة أشد بطئا ، وبعبارة أخرى ، فهذه المجرات لا تتحرك حركة العجلات . ولكن إذا قدر لها أن تحتفظ بالشكل الذى هى عليه الآن ، فلا بد من أن تتخذ حركتها شكل حركة العجلات ، وإن أى تغيير في سرعة الدوران الزاوية حول محور العجلة لابد أن يفسد العجلة .

وقد عرفنا أن هناك إختلافا في حركات المجرات التدويمية ، حول محاورها ، فلا مناص — إذن — من أن تتغير أشكالها وأوضاع أذرعها الحلزونية بين الحين والحين ، متخذة لها في كل مرة صورة جديدة . وفي وسعنا أن نقدر ما يمكن أن تصير إليه مجرة بدأت حياتها ولها أذرع لولبية تشبه أذرع مجرة

مسيه ٢٣ ، فبعد مرور بضعة آلاف من ملايين السنين ستلتف أذرعها حول بعضها البعض ، إلغافا محكما ، حتى لتصبح في شكل كرة مصنوعة من جبال القنب .

ولكننا لم نشاهد مجرات وصلت أذرعها إلى هذه الدرجة من الالتفات المحكم . فعظم الأذرع التي نشهدها لم تقطع أكثر من دورتين كاملتين ، أو دورة كاملة ، وكثير منها لم يكمل دورة واحدة بعد . فلا مناص إذن من أن نخرج بهذه النتيجة ، وهي أن هذه الأذرع التي نراها اليوم لا يمكن أن تكون أذرعاً معمرة ، فإن مدة تتراوح بين عشرة ملايين ومائة مليون سنة تكفي لازالتها نهائياً من الوجود .

هل من حقنا إذن أن نستنبط أن المجرات أحدث سنا من نجوم كالشمس التي لا يمكن أن يقل عمرها اليوم عن آلاف من ملايين السنين ؟؟ ... هنا ... ونكون قد وضعتنا أصبعنا على قلب المشكلة . لابد أن تكون الأذرع اللولبية — وهي أظهر سمات المجرات — حديثة السن ... وعلينا أن نلاحظ أن عمر هذه الأذرع يكاد يساوي عمر النجوم النازفات الشديدة الإسراف ولكن هذه النازفات هي التي تكشف الأذرع اللولبية : — فالنجوم الساخنة اللامعة ، والحشود النجمية ، والسدم التي تثيرها المتغيرات القيفاوية — كلها تظهر لنا الأذرع اللولبية .

... وها هي ذى الأذرع اللولبية تبدو لنا كتركيبات مضمحلة ، تميزها مجموعات من النجوم الحديثة تقع داخل طبقة التراب والغاز ، وأعمارها تنحصر بين عشر وجزء من مائة من مدى الأفق الزمني التي تعبته لنا الذرات . ولكن الأذرع اللولبية — كما رأينا في الفصل السابق — ليست سوى جزء صغير من المجرات تظهره لنا . فتحتوى هذه الأذرع على ما يتراوح بين ١ ٪ ، ١٠ ٪ من نجوم المجرة كلها ومن المحتمل أن تكون النسبة بين كتلتيهما حوالى ١ ٪ كذلك

ونلاحظ هنا أن النسبة ١٪ قد بدأت تظهر لنا في عدد نجوم ومقدار كتلة الأذرع اللولبية كما ظهرت لنا في أعمارها .

و ملاحظناه من قبل في النجوم ينطبق على المجرات ، فليست أشدها تألقا هي بالضرورة أكثرها أهمية ، فالخافقات من النجوم أكبر عددا من المتألقات اللاتي يأخذن العين بريقهن ، كذلك شأن المجرات ... فالخافقات منهن يفقن المتألقات عددا ، وتظهر الأذرع اللولبية متطفلة أمام أعيننا ولكنها ليست لأجزاء أصغرا من مكونات « الكعكة » ، إذا أنها لا تدخل إلا في تركيب الأجزاء الضئيلة النادرة من حشو الكعكة المركزي. أما النجوم المحيطة بضباب ذلك الحشد فأكبر الظن أنها معمرة .

والآن ماذا عن تلك المجرات الغير منتظمة الشكل — من مثيلات مجرات سحب مجلان ؟ سأعرض لهذا النوع من المجرات إن شاء الله في الفصل التالي ، الذي ستعالج فيه موضوع تطور المجرات . ونلاحظ أن هذه المجرات لا تحتوي إلا النادر من التركيبات اللولبية ولعلها خالية تماما منها ، ويبدو كأن كل نجومها — أو جلها — من النجوم المسرفات

والذي أراه أن هذا النوع من المجرات حديث التكوين ، لا يتجاوز عمرها عمر أذرع المجرات اللولبية . على أنه يلوح أن السحابة الكبرى تحتوي على آثار باقية من أذرع لولبية ، أما السحابة الصغرى فهي خلوة تماما منها ... ترى أ يكون السبب هو أنها لم تجد الوقت الكافي لتكوين هذه التركيبات اللولبية ؟ أم أن طبيعتها لا تسمح بنشوء مثل هذه التركيبات ؟ ...

وأيا كان السبب ، فإن الشيء الذي لا شك فيه هو أن هذه السحب خالية من سمات الكهولة . ربما كانت من عداد المجرات المسرفات الناشطات ، التي تشبه النجوم المعالقة العليا المفردة . فالمنزلة التي تحتلها سحابتا مجلان بين المجرات هي نفس المنزلة التي تحتلها النجوم التي من طراز العملاق رجل الجبار بين نجوم المجرات .

والمجرات الإهليلجية ، على النقيض من المجرات غير المنتظمة ، فهي مجرات أقرب ما تكون إلى الخيوط ، ففزلتها بين المجرات أشبه ما تكون بمنزلة الأقزام البيض بين النجوم . والمجرات غير المنتظمة نادرة الوجود بين المجرات ، مثلها في ذلك مثل النجم رجل الجبار الذي يندر مثله بين النجوم ، أما المجرات الإهليلجية فشائعة الوجود بين المجرات ، شيوع الأقزام البيض بين النجوم .

ولكن لهذه « المقابلة » بين النجوم والمجرات حد لا يصح أن نتجاوز نطاقه . فالمجرات الإهليلجية إن عدت مجرات مفلسة هامة ، فليس معنى ذلك أنها تتكون من نجوم مفلسة هامة . (فيجوز أن تحتوى على عدد كبير من النجوم التي تعصى على وسائل الرصد بسبب شدة بعدها) . ولكن المعنى الذي نقصده بقولنا أنها مجرات خامدة مفلسة ، هو أن قدرتها على توليد نجوم جديدة قد استنفدت . فلم يعد فيها شيء من التراب والغاز اللذين تتولد منهما النجوم

أعمار مشود المجرات

ليس في الكون كله تجمعات يكن أن تكون أضخم من تلك التجمعات المكونة من « حشود المجرات » . وقد سبق أن رأينا تجمعات من المجرات ولكن على نطاق صغير . . . شهدنا مجرة مسيية ٣١ وتوابعا الإهليلجية ، وشهدنا مجرتنا ومحج مجلان التابعة لها ، وشهدنا مجرة مسيية ٨١ وتوابعا . . . هذه التجمعات الصغيرة من المجرات يقابلها في عالم النجوم مجموعات النجوم المزدوجة والنجوم المتعددة . وكما تجتمع عدة مئات من النجوم لتكوين حشد نجمي ، كذلك تجتمع عدة مئات من المجرات لتكوين حشد من المجرات .

وكما إستطعنا أن نستمد من حشود النجوم مفتاحا نعرف به على أعمار
الاشياء ، كذلك في وسعنا أن نستمد من حشود المجرات مفتاحا آخر يساعدنا
على إمتحان صحة الحقائق التى توصلنا اليها . . . ففى وسعنا أن نقيس حركة
أفرادها ، وفى وسعنا ان نحسب المدة التى ينتظر خلالها أن تظل أفرادها
متماسكة . وقد أمكن إثبات أن أمام بعض من أكبر هذه الحشود عمرا يبلغ
حوالى ١٠٠٠٠ مليون سنة .

وإن مجرد إستطاعتنا ملاحظة الكثير من هذه الحشود — ولا يزال عدد
المعروف منها يزيد يوما بعد يوم — يثبت أنها تتناسق مع الإطار الذى حددته
الذرات لأفق الزمان .

وهناك فكرة أخرى تستعمل كثيرا لتحديد عمر حشود المجرات . فحينما
تقاس سرعاتها بالمطيف ، تبدو جميعا كأنها هى مدبرة عنا ، وأبعدها يبدو كأنه
أسرعها إدبارا .

ويفسر هذا الإرتداد الظاهرى للمجرات بأنه علامة على أن الكون فى
حالة تمدد مستمر ، مما يدل دلالة مباشرة على حدوث إنفجار حقيقى فى الكون .
ولكن هذه الفكرة تؤدى إلى كثير من المشكلات . وإن الأخذ بها يؤدى إلى
نتيجة غريبة : وهو أن الانفجار قد حدث منذ ١٠٠٠ مليون سنة — وهى فترة
أقل مما تسمح به أعمار الذرات ، أو النجوم ، أو الأرض نفسها .

وهناك فكرة أخرى أكثر فى السفسة إمعانا وأوغل منها فى التضليل ،
فهى تأخذ فى اعتبارها المصاعب الناشئة عن تطبيق نظرية النسبية ، التى ترد
بعض أسباب الإرتداد الظاهرى إلى طبيعة الفراغ الإنحنائية .

وهذه الفكرة تؤدى بنا إلى أن نتوقع تغيرات بسيرة فى عدد ولون
المجرات التى تقع على تخوم المدى الذى يمكن أن يبلغه المرقب الذى قطر
مرآته ٢٠٠ بوصة . ولا يزال العلماء يجمعون المعلومات والبيانات .

والإرتداد الملحوظ في المجرات يتسق مع مقاييس زمنية ذات مدى واسع ، ولا يمكن أن يستخدم كطريقة لتأريخ بدء التمدد دون أن نصطنع فروضا ليس لنا الحق في إصطناعها في ضوء معلوماتنا الحالية .

وإذا حاولنا أن نلخص أفكارنا الحالية عن أعمار الأشياء ، فأظن أن في وسعنا أن نقرر أن عمر الأرض ، وأعمار معظم النجوم ومعظم الحشود النجمية والحشود المجرية تنسجم مع إطار الزمن الذي رسمه عمر الذرات حيث الأفق الزمني لها يمتد الى عدة آلاف من ملايين السنين (أنظر الجدول رقم ٢)

جدول رقم ٢

أعمار الأجرام السماوية بالتقريب (مقدرة بالسنوات)

أعمار الذرات

بلوتونيوم	مايزيد على ٢٠,٠٠٠
نبتونيوم	مايزيد على ٢٠,٠٠٠,٠٠٠
يورانيوم (مستنبط من نسبة الرصاص المتخلفة)	٤,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠
يورانيوم (د د د الهيليوم د)	٥,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠
يودانيوم (د د د نوعية)	٦,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠

عمر الأرض

المدينة	٢,٠٠٠
ماقبل التاريخ	٧,٠٠٠
الإنسان	١٠٠,٠٠٠
التديينات	٥٠,٠٠٠,٠٠٠

١٠٠,٠٠٠,٠٠٠	أنزواحف
٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠	الحياة
٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠	القشرة الأرضية

الأعمار المنتظرة للنجوم

٦٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠	الأقزام الخافتة
٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ما يزيد على	الشمس
١٠,٠٠٠,٠٠٠ — ٥٠٠,٠٠٠ من	العناقيد العليا

الأعمار المنتظرة لمجموعات النجمة

١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ أقل من	النجوم المزدوجة
	الحشود النجمية

٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠	حشد الدب الأكبر
٣,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠	حشد الثريا
١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ما يزيد على	الحشود الكرية

المجرات

١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ما يزيد على	الإهليلجية
	اللولبية

٥٠,٠٠٠,٠٠٠ — ١٠,٠٠٠,٠٠٠	الأذرع
١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠	النواة
٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠	غير المنتظمة

١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ أقل من	حشود المجرات
-----------------------	--------------

ويلاحظ أن هناك مجموعتين من الأجرام ذات أعمار قصيرة . وهى النجوم الناشطات المسرفات وأذرع المجرات اللولبية . . . ولما كانت هاتان

الظاهران مرتبطين إحداهما بالآخرى أشد الارتباط، وكانت أذرع المجرات لا يمكن رؤيتها ولا تميزها إلا بالنجوم الناشطات ، فلا يسعنا إلا أن نستنبط أن النجوم الناشطات لا تزال في عهد الصبا .

بل في وسعنا أيضا أن نداعب قليلا تلك الفكرة التي تقول أن هناك نجوما في حالة تكون مستمرة وتؤكد الأماكن التي توجد فيها النجوم الحديثة — تأكيداً قاطعاً — أنها قد بولدت عن تراب الفراغ النجمي . . .

أما النظريات الشائعة التي تفسر الطريقة التي ظهرت بها النجوم إلى عالم الوجود، والتطورات التي إعتورت حياتها منذ نشأتها ، فستكون موضع الفصل الأخير إن شاء الله .

الفصل السابع

تطور المجرات

تحتوى مجرتنا على حوالى مائة ألف مليون نجم . ومجرتنا واحدة من كثيرات . فعدد المجرات الدائبة (ونقصد بالدائبة ، هنا ما كانت داخلة فى نطاق مراقبتنا الحديثة) تبلغ الملايين عدا ، بل لعلها تبلغ مئات الملايين .

وتمتاز مجرتنا بأنها واحدة من أكبر المجرات وأشدّها تألقاً وأضخمها كتلة وقد رأينا فى الفصل السابق أن تركيب المجرات يختلف عن بعضه البعض إختلافاً كبيراً . فبعضها كرية أو بيضية ، خلو من الأذرع اللولبية ولها شكل متناسق أنيق ، ومن أمثلتها المجرات التابعة لمجرة مسييه ٣١ ، وهى تذكرنا بالحشود النجمية (وإن كان الكثير منها مسطوحاً شيئاً ما) ، على أنها جميعاً أكبر حجماً من الحشود الكرية ومعظمها أشدّ منها تألقاً ، فلا مناص إذن من إعتبارها نوعاً من التجمعات النجمية قائماً بذاته .

وبعض المجرات مختلط الشكل ، وهى أشبه ما تكون برقع مختلطة من النجوم والغازات والتراب ومثلها سحباً مجلّان ، وهما المجرتان التابعتان لمجرتنا .

أما أجمل المجرات إطلاقاً ، فهى المجرات اللولبية ، وهى على أنواع عديدة ، تندرج من مجرات ذات حدود واضحة شيئاً ما ، ونواة مركزية خافتة ، إلى مجرات ذات نواة صغيرة بينة المعالم ، وأذرع عديدة تحديداً واضح القسبات ، إلى مجرات تشغل النواة الجزء الأعظم منها ، ذات أذرع باهتة تحيط بها من جميع نواحيها .

والموضوع الذى سنحاول أن نعالجه الآن هو : هل فى وسعنا أن ندرج المجرات فى سلسلة متصلة الحلقات ؟ فإذا كان هذا ممكنا ، فما هو الإتجاه الذى يتخذه تطور المجرات ؟ أى المجرات هو الاحداث ؟ وأياها هو الأقدم ؟

لقد أفضنا شيئا ما فى شرح الصور العائلية لمجموعات النجوم ، وقد آن لنا الآن أن نقول أن للمجرات خصائصها العائلية أيضا . .

وحين كنا فى معرض تحديد خصائص النجوم ، وجدنا أن اللعمان والحجم واللون كانت من خصائصها الهامة .

ولم نذكر بعد شيئا عن خصائص المجرات ، ولكن فى وسعنا الآن أن نقول أن للحجم واللون أهمية كبرى كذلك .

وأشد المجرات المعروفة لمعانا يفوق أخفتها حوالى مائتى مرة .

ولعل مجرتنا ألمع المجرات التى عرفت حتى الآن ، أما أخفت المجرات التى أمكن تمييزها فهى إحدى تواج مجرة المرأة المسلسلة . ولكن لعل هناك ما هو أخفت منها ، هى تلك المجرة البيضاء المنعزلة فى كوكبة معمل النحات .

إن مدى اللعمان فى المجرات — وقد قسمناه إلى ٢٠٠ درجة — لا يبلغ فى الإتساع ما يبلغه مدى لعمان النجوم الذى يمكن أن يقسم إلى ملايين الدرجات . ولكنه يعد على أى حال مقياسا صالحا يكفل لنا أن نرتب به المجرات من حيث لمعانها ترتيبا سليما سلامة ترتيبنا لللعمان النجوم .

وقد لاحظنا من قبل أن النجوم الفائقة اللعمان ، التى يمكن رؤيتها على ما بيننا وبينها من بعد سحيق ، تسترعى إهتمامنا إلى حد أننا نجد أنفسنا وقد أسرفنا فى تقدير عددها بل لقد نمناها من الأهمية فوق ماتستحقه .

كذلك الشأن في المجرات ، فالمجرات الفاتقة اللعان ترى في سهولة ويسر على أبعاد شاسعة ، بعكس المجرات الخافتة ، ومن شأن هذا أن يحرفنا إلى الإسراف أيضا في تقدير عددها .

ولعل القارىء يذكر أيضا ما قررناه من قبل ، وهو أن النجوم الخافتات ضوءاً ، الصغيرات كتلة وحجماً ، تؤلف الغالبية الساحقة بين النجوم .

وقد آن لنا أن نقول أن ما ذكرناه عن النجوم ينطبق على المجرات . فإذا أدخلنا في تقديرنا أن ما يسعنا أن نراه من المجرات الخافتة ليس إلا عدداً قليلاً منها ، لا يمكننا أن نستنبط أن هذه المجرات الخافتة تؤلف الغالبية الساحقة في عالم المجرات .

وقد ثبت أن المجرة التي تحتل المكانة الوسطى في الكون من حيث اللعان ، لا يزيد لمعانها عن جزء من مائة جزء من لمعان مجرتنا فإذا راعينا أن المجرات الخافتة في أغلب الأمر خافية عن أعيننا لا يمكننا أن نخرج بأن متوسط اللعان في المجرات أدنى مما ذكرنا .

والمدى الذى تندرج فيه المجرات من حيث أحجامها واسع أيضاً ، وإن كان لا يبلغ من الإتساع ما يبلغه مدى لمعانها .

فتوابع مجرات المرأة المسلسلة يبلغ حجمها حوالى عشر حجم المجرة اللولبية الكبيرة . أو لعله لا يتعدى جزءاً من عشرين جزء من حجمها .

وأحجام المجرات ولعانها وتركيبها هي عناصر مرتبط بعضها ببعض أو ثقل ارتباط . والعلاقة بين بعضها البعض ذات أهمية قصوى .

ويلاحظ أن جميع المجرات اللولبية كبيرة لامة ، على أن بعضها لا يبلغ من الكبر واللعان ما تبلغه مجرتنا . فحجم المجرة اللولبية البديعة في كوكبة كلاب الصيد

(اللوحة ١٣) يبلغ ربع حجم مجرتنا ، ويقل لمعانها عن لمعان مجرتنا بمقدار قدرين . ولكن يبدو أنه لا يوجد مجرات لولبية كثيرة أصغر حجما . وأقل لماعا .

ولكن العلاقة بين المجرات الغير المنتظمة ولمعانها ليست على هذه الدرجة من الإحكام والدقة التي وجدناها في المجرات اللولبية . ولكن في وسعنا أن نقول — بوجه عام — أنها أصغر من المجرات اللولبية ، وكثير منها أصغر من أى مجرة لولبية عرفت حتى الآن .

أما المجرات البيضية ، فأطول مدى من حيث الحجم واللمعان . والأغلبية العظمى منها صغير خافت ، بل ليس في سائر أنواع المجرات ، ما هو أصغر منها ولا أخفت ولكننا نلاحظ أيضا أنه يوجد منها مجرات لامعة ، حتى أن بعضها لينافس ألم المجرات اللولبية من حيث اللمعان ، إذا لم يكن من حيث الحجم .

وسيتبين لنا فيما بعد إن شاء الله ، أنه لكي نستطيع أن نصنف المجرات وندرجها في تسلسل محكم سليم ، لا بد لنا أن ندخل في إعتبارنا عناصر الحجم ، واللمعان ، والشكل والتكوين . وقد أسلفنا القول بأن المجرة الصغيرة الخافتة تكون الأغلبية الساحقة من المجرات ... وفي الوسع أن نقع في هذه العبارة قليلا فنقول أن أشيع المجرات هي الصغيرة الخافتة البيضية ، ويلها من حيث الكثرة العددية المجرات اللولبية . فإذا حاولنا تصنيف المجرات اللولبية ذاتها ، وجدنا أن الصغير الخافت منها أشيع من الكبير اللامع الذي يشبه مجرتنا .

ولكني أكرر مرة أخرى أنه لا توجد مجرات تهبط عن مستوى معين في اللمعان كما بين شابلن لأول مرة .

أما المجرات المشوشة غير المنتظمة فهي أندر أنواع المجرات على

الإطلاق . وإس في وسعنا أن نقرر ما إذا كانت المجرات الكبيرة أم الصغيرة هي التي تغلب على هذا النوع من المجرات المشوشة .

ولكن لا يكاد يكون هناك شك في أنه من النادر جدا وجود مجرات كبيرة في حجم سحابة مجلان الكبيرة .

فإذا حاولنا أن نرتب هذه المجموعة من المجرات المعقدة ، المتباينة شكلا المتمايزة بريقا ، وأن ندرجها في تسلسل منظم نستطيع أن نبين به المنحنى الذي تتجه إليه في تطورها ، فلا بد لنا من تلس معيار لتحديد السن وإتجاه التطور ، وعلى هدى هذا المعيار نمضي في تصنيف المجرات وترتيبها .

ولكن إذا ذكرنا المقابلة التي عقدناها بين أعمار البشر وأعمار البعوض ، لتبين لنا أن « المعمر » ليس بالضرورة هو الذي سلخ من الحياة عمرا طويلا ، فالبعوضة التي عمرها يومان تعتبر معمرة ، والإنسان الذي سلخ من العمر أربعة عشر عاما يعتبر حدثا صغيرا .

كذلك قد نجد مجرة تعد نسيا — في حساب الزمان — مجرة حديثة ، ولكنها ، في معايير التطور ، تعتبر مجرة معمرة .

وهناك مبادئ عامة نستطيع بمقتضاها أن نتعرف إلى الشيخوخة في الحشود النجمية ، أولها — ولعله أهمها — هو مدى إنتظام الشكل . ويظهر أن هناك قانونا صارما نافذا يمضي حكمه في كل المخلوقات : وهو أن يد الزمان تمر على كل مخلوق فلا تتركه إلا وقد مسحت عنه البروز وصقلته صقلا ، فكل شذوذ قد محى محوا ، وكل تمرد فيه يؤد — مع الشيخوخة — إلى النظام والتجانس والرتابة ، فالمجرة المعمرة هي المجرة التي فقدت خصائص الثورة والتمرد وعدم النظام .

وهذا القانون قائم على سبب قوى . وقد ذهب في الفصل السابق إلى أن

الذرات أسبق في الوجود من النجوم ، دون أن أقدم جميع الحجج التي تؤيد مذهبي .

ومن الذرات نشأ التراب ، والنجوم ، والحشود النجمية التي نعرفها (ولسنا تؤكد أنها ظهرت بنفس هذا الترتيب الذي ذكرناه) . ولا بد أن تكون المجرات قد نشأت من سحب الذرات أو بجواره أخرى من كتل الغاز .

وللغاز المنتشر خواص تختلف كل الاختلاف عن خواص المادة الصلبة ، بل إنها تختلف أيضا عن الغاز الذي تكثف وتولدت عنه النجوم . وقد يعجب القارئ إذا قلنا أن الغاز لزج ، ولكن هذا هو الواقع ، فللغازات خاصية اللزوجة ، وفضلا عن ذلك تنزع الكتل الكبيرة المنتشرة من الغازات إلى الحركة التدويمية ، والحركة التدفقية الباطنية المقلبة المدبرة (كحركة خض اللب) . حتى ولو لم تبدأ الغازات حياتها بهذه الحركة فإنها سرعان ما تدور في دوامات على مر الزمن .

والدقائق الصلبة التي تبدأ في التكون داخل الغاز وتنتج التراب والضباب تقع فريسة لحركة الغاز المدومة وتضطرب إلى إمتطاء الرياح الذرية ، فترى السحب المتقطعة تحيط بنجوم الثريا مثلا . والدقائق الصلبة ليس لها خاصية اللزوجة ، وهي شديدة التباعد بعضها عن بعض حتى أن تأثيرها بعضها على بعض يعد خفيفا جدا .

والنجوم أشد تباعدا ، ومن ثم كان تأثير بعضها على بعض أضعف ، وقد ذكرت من قبل أن وقوع حوادث اصطدام بين النجوم يعد أمرا مستحيلا ، كما ذكرت أن الروابط بين أفراد النجوم المتزاوجة متينة محكمة لا إنقصاص لها .

وتحتوي المجرة الحديثة التكوين على كميات كبيرة من الغاز والسحاب . وقد عرفنا أن الغازات تتحرك حركات تدويمية وأخرى متلاطمة ، فإذا أضفنا

إلى هذا حركات سحب الفراغ النجمى التى تحملها معها ، أدركنا السبب الذى جعل المجرات الحديثة مشوهة غير منتظمة الشكل أو متناسقة التركيب .

فإذا كانت نظريتنا عن نشوء الأجرام الكونية من سحب الغاز الأولية صحيحة ، لاستنتج هذا أن تكون المجرات الحديثة التكوين هى المجرات الغنية بالغاز والسحاب ، وأن تكون هى المجرات المشوشة الشكل ، المختلطة التركيب .

فأى دليل على صحة هذه النظرية . أقوى من أن نرى أن المجرات المشوشة غنية — فعلا — بالتراب والغاز إنها فى الواقع أغنى بهما من أى نوع آخر من أنواع المجرات .

إن هذه الحقيقة البسيطة هى الأساس الذى بنينا عليه إعتقادنا أن هذه المجرات لابد أن تكون أصغر المجموعات النجمية سنا .

وإليك حقيقة أخرى تدعم هذا الاعتقاد : تلك هى أن المجرات المشوشة غنية بالنجوم الناشطات المسرفات . وقد أثبتنا فى الفصل الماضى أن النجوم الناشطات نجوم حديثة التكوين ، وأن مداها الزمنى قصير جداً لا يتجاوز شطراً ضئيلاً من المسافة التى تفصلنا عن بداية الأفق الزمنى .

وقد بدأنا نربط بين الحدائث وبين الجهرة الأولى التى تتجلى فى نجومها الخصائص العائلية المميزة للحشود المجرية .

وقد أثار إهتمامنا ما لاحظناه من أن سحب مجلان التى نفرخ فيها نجوم الجهرة الأولى ، العامرة بالناشطات المطمورة فى سدم الغازات والسحب ، خالية تماماً من أى نجوم تابعة للجهرة الثانية . لاحظنا كل هذا فيما سبق . . . وهنا نجد الدليل على أن نجوم الجهرة الثانية — التى تتجلى خصائصها العائلية واضحة فى الحشود الكرية — تمتاز بأنها نجوم معمرة .

فإذا إتجهنا إلى المجرات التى لا تحوى إلا نجوم الجهرة الثانية ، ونعنى بها

المجرات البيضاء ، وجدنا فيها ما يدعم صحة ما نذهب إليه هذه النظرية التي أسلفنا ذكرها . فهذا النوع من المجرات لا تشوبه أية شائبة من النجوم الناشطات ، أو الأتربة ، أو الغازات . وهي بديعة التناسق شكلا ، تامة التماثل تركيبا ، ولا تكاد تختلف إحداها عن زميلاتها ، ولا تكاد تجد فيها عوجا ولا أمنا . فمن غير العسير أن نستنبط أنها بلغت مرحلة الشيخوخة التي تمحى فيها الفروق ، ويستقيم المعوج ، وتهمد روح الترد والثورة .

ولم يعد مثل هذا النوع من المجرات قادرا على توليد نجوم جديدة ، ولا يعينا أن تدلّس السبب ، فقد نضبط فيها « المادة الحام » التي تصنع منها النجوم ، ولانعدم التراب والغازات ، ولم تعد تحتوى على النجوم الناشطات ، لأن المادة التي يتكون منها هذا النوع من النجوم قد أستهلكت من عهد بعيد — أعلها أستهلكت في إستحداث النجوم ، أو أعلها أستهلكت بطرق أخرى سنعرض لها فيما بعد إن شاء الله .

وها نحن أولاء قد تقدمنا خطوات لا بأس بها في سبيل تحديد منحنى التسلسل الذى تتجه إليه المجرات في تطورها ، لقد عرفنا نقطة البداية ونقطة النهاية ... عرفنا أن المجرات المبهوشة هي الأحداث سنا ، وأن المجرات البيضاء هي الأقدم تاريخيا ... فهل لنا أن ندرج بينهما المجرات اللولبية ، بتركيباتها الحلزونية المعقدة ، وبنجومها التي تختلط فيها الجهرتان وتتمازجان ، فلا هي خالصة إلى الجهرة الأولى ، ولا هي قاصرة على الجهرة الثانية ؟ ...

إن المجرات اللولبية هي اللغز المحير في هذا الموضوع ... ولعل انقارى يذكر أن التمييز بين نجوم هاتين الجهرتين في مجرتنا لا يكون بمجرد فحص خصائصها الطبيعية ، ولكن بملاحظة أوضاعها وحرركاتها أيضا . فنجوم الجهرة الأولى تمتاز بالنجوم المتألفة السخينة ، وبحركتها حول المدار المجرى داخل طبقة رقيقة من التراب والغاز ولا تكاد تزيد نسبة نجوم هذه الجهرة على جزء من مائة جزء من نجوم المجرة كلها .

وأما نجوم المجرة الثانية فتسير في كل اتجاهات ، وتتخذ مدارتها جميع الصور والأشكال والأحجام ، وهي تبحر — لا في داخل الطبقة المركزية — بل عبر هذه الطبقة .

وكان من نتيجة ذلك ما نراه من تجمعها في منطقة كبيرة السمك تتركز في مركز مجرتنا ، ويكاد يوجد في هذه المنطقة ما ينم على وجود أذرع لولبية .

ونجوم المجرة الثانية في المجرات الأخرى تكون طبقات لا تختلف في نظامها عن النظام الموجود في مجرتنا ، بينما الأذرع اللولبية ، بما تنتظمه من نجوم المجرة الأولى والتراب ، والغازات ، تحرك حركة تدويمية داخل الطبقة المركزية .

والواقع أن المجرة اللولبية تتركب من مجموعتين متداخلتين متحدتي المركز . المجموعة الأولى عبارة عن طبقة هيكلية متجانسة الأجزاء تتركز فيها معظم النجوم ، بل لعل معظم كتلة المجرة محتشدة في هذه الطبقة ، وهي تشبه المجرة البيضية شها قويا

أما المجموعة الثانية فمكونة من عدد من الأذرع . وقد رأينا في الباب السابق أن هذه الأذرع سريعة الزوال ، وأن سنها يعادل تماما من النجوم الناشطات التي تعمرها وتميزها ، والتي تنير الطبقة الغازية وتجعلها متألفة .

ويستثناء الشكل البديع الذي تتميز به أذرع المجرات اللولبية ، فإنها تشترك مع المجرات غير المنتظمة في أمور كثيرة .

ونستطيع أن نصور — دون أن نصرب بعيدا في مجال الخيال — أن المجرة الحلزونية ليست إلا مجرة مشوشة تدور داخل مجرة بيضية ، وقد أدت حركتها الدورانية حول نواة المجرة الأولى إلى تحولها إلى شكل العجلة . وقد بدأنا نرى المجرة الحلزونية كشيء ينبثق من طبقة التراب ، والغاز بتأثير

حركة دوران المجرة ، وقد أدت حركتها الدورانية النسبية إلى إلثوائها المستمر . ومادام التراب والغاز متوافرين فتظل عملية تكوين الأذرع اللولبية وإثقالها ، تتم تكونها من جديد ، مستمرة حتى تستهلك المادة الخام ، فتعدم الأذرع اللولبية . فنكون حبال مجرة قد تجردت من الأذرع اللولبية ، لا تختلف في شيء عن المجرة البيضاء ، بل إنها في الواقع ستصبح فعلا مجرة بيضية .

هكذا ترانا وقد خطونا إلى الامام خطوة أخرى . لقد نجحنا في درج المجرة اللولبية بين المجرة المهوشة والمجرة البيضاء .

ولكن ، هل تكون مشكلتنا بذلك قد حلت نهائيا ؟ لا أظن .

فما زال باقيا علينا أن نفهم كنه عدد كبير من المجرات المختلفة التي تقع أحجامها بين الكبيرة والمتوسطة ، وتترجح أشكالها بين مجرات لا تكاد تبين لها نواة ، وبين مجرات أخرى تكاد تستغرقها النواة كلها إستغراقا كاملا فلا يكاد يبين فيها غير النواة .

ويجب أن نذكر أيضا أن المجرات اللولبية قد تقترن — كما هو الحال في مجرة المرأة المسلسلة — بمجرات بيضية الشكل ربما كانت في نفس سنها .

وأخيرا يجب أن نذكر مجرتنا ، ورفيقتها سحابتا مجلان — أراها أيضا من نفس السن ؟

إن إقتران المجرات اللولبية بمجرات عتيقة جداً وأخرى حديثة جداً يبدو من الأمور المتناقضة . ولكي نستطيع أن نفهم هذه المشكلة الشائكة ، يجب أن نفرق تماما بين ذي العمر الطويل ، و « المعمر » ، وربما كانت سرعة التطور متوقعة على شيء آخر غير مرور الزمن .

ولكي نصل إلى كلمة الفصل في هذا الموضوع يجب أن نتفحص عملية التطور بمزيد من الدقة ، إن أحد المقاييس التي نستطيع بها أن نكشف عن

دقائق هذه العملية يمكن في جملة كتبها في صدر هذا الفصل . فقد ذكرت في صدر هذا الفصل حقيقة لعلها أحد المفاتيح التي ستكشف لنا ما أستغل من دقائق هذه العملية ... ذكرت أن خصائص النجوم تختلف عن خصائص الغازات إختلافا بعيدا ، فالغازات لزجة وتؤثر في بعضها البعض مكونة دوامات .

أما تأثير النجوم بعضها في بعض فتأثير ضعيف . فالنجم الذي يستهل حياته بالسير في طريق معين ، يقدر عليه أن يواصل السير في هذا الطريق لا يبعد عنه أبداً ، أو يتخذ لنفسه طريقا شديداً القرب منه لا يتعداه بحال ... والنجوم المزدوجة تحفظ طريقها ملتفات ، والحشود النجمية يسبح في الفضاء جمعا غير أشات ، ولم يحدث أن تفرق شمل حشد من الحشود النجمية أو انفرط عقده منذ نشأته إلا أن يكون من أشد الحشود النجمية فقرا ، وأضعفها تماسكا ، وأوهنها نسجا .

وقد طالما ذكرت وألحيت في تأكيد أن الحشود النجمية والمزدوجات لابد أنها نشأت معا وأنها منذ هذه النشأة تتحرك معا . ويؤدي بنا هذا بطبيعة الحال ، إلى القول بأن حركة مجموعة من النجوم تكشف عن حركة المادة التي نشأت منها ، فمجموعة النجوم المتألفة تتحرك نفس الحركة التي يتحركها التراب والغاز اللذان تولدت عنهما هذه النجوم .

والآن لائق نظرة قصيرة على نجوم المجرة الثانية في المجرة . نجد أن السواد الأعظم فيها هي الحشود الكرية ، وأن توزيع هذه الحشود فيها يتخذ له شكلا كريا ، وأن حركة هذه الحشود تتخذها مسارات بيضية شديدة الميل على مستوى المجرة .

ونجوم ر . ر السلياق — التي يبلغ عددها حوالى مائة ألف نجم —
تتخذ لنفسها نفس نظام التوزيع والحركات . فلا يسعنا — إذن — إلا أن

نستنبط أن هذه التوزيعات والحركات إنما تصف لنا التوزيعات والحركات التي كانت تتخذها الغازات التي منها نشأت نجوم الجبهة الثانية . ففي وسعنا أن تصور — إذن — كتلة من الغاز البدائي والتراب الأولى تتخذ لنفسها شكلاً كروياً أو تكاد ، وتحتشد إحتشاداً عند مركز المجرة .

وقد رأينا أن هناك أنواعاً أخرى من النجوم — مثل المتغيرات ذات الدورات الطويلة — تتوزع في أشكال أقرب إلى التسطح ، وتتخذ لها حركات أبعد عن التطرف . وربما نشأت هذه النجوم عن كتلة من الغاز والتراب كانت أبعد قليلاً عن الشكل الكروي ، ولكنها امتدت بعيداً أعلى وأسفل مستوى المجرة المركزي .

ولم تعد نجوم الجبهة الأولى تشغل اليوم إلا سطحاً غاية في الرقة ، قد لا يزيد سمكه عن خمسة في المائة من سمك المجرة الكلي .

ويمكننا أن نعتبر المجرة كعدد من مجموعات فرعية متحدة المركز مسطحة بدرجات مختلفة وهي فكرة خطرت لأول مرة على الفلكي السويدي « لنديلا » .

والآن ، ما هي النتائج التي يمكن أن نستنبطها من إختلاف التوزيع وإختلاف الحركات ؟

يخيل إلى أن في وسعنا أن نكون صورة عامة للتطورات التي عرضت للمجرة اللولبية في الماضي ، ولو أن الصراحة تقتضينا الإعتراف بأن النظرية الأساسية لا زالت غامضة أشد الغموض .

فيذا بدأت كتلة غازية حياتها على شكل كروي ، وشرعت تدور حول نفسها ، فمن المحتمل أن يهبط الغاز بالتدريج نحو المستوى المركزي . ويخيل إلى أن سرعة الهبوط المشار إليه لم تحسب بعد حساباً دقيقاً ،

ولكنى أظن أن هذا المبط يستغرق حوالى ألف مليون سنة فى مجرة فى حجم مجرتنا .

وعلى هذا فى وسعنا أن نفترض أنه كلما كانت المجموعة النجمية أقرب إلى التكور وكلما كانت حركة نجومها أكثر ميلا على المستوى المركزى ، كانت هذه النجوم أقدم فى التكوين فى هذه المجموعة .

وفى وسعنا أن نتخيل مجرة تبنى بالتدرج طبقة نجوم المجرة الثانية لها داخل كتلة التراب والغاز التى تغوص غوصا ويبدأ ثابتا صوب المستوى المركزى . وفى وسعنا أن نستنبط أنه كلما كانت هذه الطبقة أقرب إلى الشكل الكرى كانت أمعن فى القدم (لوحة ١٩) .

ويمكن أن نثبت — ونحن على يقين أننا على جانب كبير من الصواب — أن المعدل الذى تسير عليه عملية التطور يجب أن يعتمد على حجم المجرة وكتلتها ، وأن عجلة التطور فى المجرات الصغيرة الخفيفة تكون أسرع منها فى المجرات الكبيرة الثقيلة .

وهنا يستبين لنا الفرق واضحا بين العمر والشيخوخة . فكأى من مجرتين إحداهما ثقيلة كبيرة ، والأخرى صغيرة خفيفة ، وسنهما الزمنى واحد ، ولكن الثانية أدنى إلى الشيخوخة من الأولى ومجرتنا فى سيرها نحو الشيخوخة تخطو خطوات جد بطيئة ، فهى إحدى كبريات المجرات .

وميزة أخرى تمتاز بها المجرات الكبيرة ، فهى تستهل حياتها وفى جعبتها مادة أوفر مما يتاح للصغيرة ، وإذن فالمتوقع لها أن تواصل عملية إنشاء النجوم وعرض الأذرع اللولبية مدة أطول .

وما نحن أولاء نجد أنفسنا قد لمسنا مشكلة لم نجد لها الحل بعد

فنحن لا نعرف بالدقة العوامل التي تحدد المعدل الذي تسير عليه عملية تحول الطبقة الغازية إلى نجوم

وعلى أى حال فيجب أن ندخل في إعتبارنا عامل الكثافة ، وطريقة الحركة (الدوامات) ودرجة الحرارة .

ويعتمد العامل الأخير — إلى حد ما — على وجود نجوم قريبة (وخصوصا النجوم اللامعات الساخنة) فالنجوم اللامعة السخينة هي في الواقع النجوم الحديثة ، وأن مجرد تكوين مثل هذه النجوم قد يؤدي إلى منع تكون نجوم أخرى في جوارها .

فلا بد لعملية تكون هذه النجوم الأخرى من أن تتوقف حتى تنقرض هذه النجوم الناشطات ، وربما كان هذا العامل — بالإضافة إلى عوامل أخرى لم نقتطع إليها بعد — هو الذي يحدد من القوضى التي كان يمكن أن يؤدي إليها استمرار عملية تكون النجوم من التراب والغاز مع ما يؤدي إليه ذلك من نقاد المادة الأولية .

ومن الواضح أن المادة الأولية لم تنفذ ، فجزئنا ما زالت تحتوى من مادة الفراغ النجمي في منطقة الشظيرة المركزية قدر ما تحويه من المادة الداخلية في تركيب النجوم نفسها .

صحيح أن النجوم تطلق من سطوحها غازات ، ولكن ليس هناك ما يدل على أن معدل إنطلاق هذه الغازات كفيلا بإنتاج مثل هذه الكمية الهائلة من مادة الفراغ النجمي .

وها نحن أولاء قد أصبحنا في وضع يسمح لنا بأن نتخيل المراحل التي تمر بها المجرة . فهي في أطوارها الأولى مجرة مهوشة ، ولكن لا بد أن يكون بها نزعة إلى التدويم . وما تلبث أن تنشأ الأذرع اللولبية — من هذه

الحركة التدويمية — وإن شكل سحابة مجلان الكبرى يوحى لنا بأنها في طريقها لأن تصبح مجرة لولبية (أنظر لوحتي ١٤ ، ١٨) فإن لها قضيباً مركزياً — شأن كثير من المجرات اللولبية الأخرى — قد تكاثفت فيه النجوم والغاز ، ومن أطراف هذا القضيب يبرز ما يلوح كأنه بداية أذرع لولبية .

وليس من شك في أن معظم كتلة السحابة الكبرى متركزة في القضيب . وأكبر الظن أن القضيب يحتوي على كمية من الغاز تكفي لجعله شديد اللزوجة كما تدل عليه طريقته في الدوران .

وربما كانت النجوم التي في داخله من حداثة النشأة بحيث لم تجد وقتاً كافياً يسمح لها بترك مواقعها الأصلية ، فإزال تشغل مكانها الأصلي رابضة بين السحب التي فيها تولدت .

والمجرات اللولبية على ضربين ، أولهما اللولبيات الجنينية ذات القضيب ويتمثل هذا النوع في سحابة مجلان — وتمتاز جميع اللولبيات ذات القضيب بوجود قضيب مركزي يتداع من طرفيه زوج من الأذرع اللولبية .

والمظنون أن مواد الفراغ النجمي توجد متركزة تركيزاً ملحوظاً في قضيب جميع اللولبيات ذات القضيب . أما الضرب الآخر للمجرات اللولبية فهو اللولبيات السوية ، ويتمثل في مجرة المرأة المسلسلة (لوحة ١٢) ولولبية مسية ٣٣ في كوكبة المثلث .

وإلى هنا نرى أن هذا الجانب من صورة التطور الذي استعرضناه يدل على أن المرحلة الأولى منه قاصرة على مجرد تغير في أشكال الأذرع اللولبية التي لم تتخذ صوراً عديدة ولكنه لم يمتد بعد إلى النواة نفسها .

ولكن بد التطور لا تلبث مع مرور الزمن أن تعمل عملها في تضخيم

النواة ، فصبح أكبر حجماً وأشد وضوحاً . وذلك ناشئ عن تزايد عدد النجوم التي تتولد في السحابة الغازية الهابطة نحو المستوى المركزى .

ويبدو لنا أنه في العصور السحيقة ، حين كانت المادة الأولية المكونة للنجوم على أوفرها ، كانت نسبة النجوم الموجودة في الأذرع كبيرة ، مما أدى إلى جعل غاز الفراغ النجمى متوجهاً غاية التوجه . متألّفاً غاية التألّف ، وتكون المجرة في هذا الطور أشبه بمجرة مسيئة ٣٣

وياستمرار حركة التطور (أنظر اللوحات ١٧ — ١٩) تغدو المادة الأولية أقل وفرة ، وبالتالي تكون النجوم التي تتحلّى بها الأذرع أقل عدداً ويغدو السديم اللامع أقل تألّفاً .

وأكبر الظن أن مجرة المرأة المسلسلة ، ومجرتنا نحن ، لا تزالان في هذه المرحلة ... ثم ينتهى الأمر بنفاذ المادة الأولية ، ولا يبقى شيء غير الجزء الهيكلى ، وينقضى عمر النجوم الناشطات القصير فلا يبقى شيء أخيراً سوى المجرة البيضاء .

والعمر الكلى لمجرتنا لا يمكن أن يقل عن عمر الشمس الذى يحدد نهايته الصغرى عمر الأرض .

ويبدو أن عمر مجرتنا يعود إلى مبدأ الأفق الزمنى ، أى إلى حوالى ٥٠٠٠ مليون عام .

والمجرات اللولبية التي تقل عن مجرتنا حجماً والتي وصلت إلى نفس مرحلتها التطورية لا بد أن تكون أصغر من مجرتنا عمراً في حساب السنين .

ومن الحقائق الهامة التي لها دلالتها أن المجرات اللولبية نادرة الوجود ، وأن اللولبيات الصغيرة لا وجود لها إطلاقاً .

فلو أن هناك مجرة لولبية صغيرة ، فلا بد أن تكون قد إستكملت حياتها كمجرة لولبية .

والمجرات البيضية الصغيرة التي تراها ، ربما كانت لولبيات صغيرة في يوم من الأيام ، ولكن حياتها كاللولبيات قد إنتهت ونفذت منها المادة الأولية — أو كادت — التي تصنع منها النجوم .

ولا يزال أحد توابع مجرة مسيية ٣١ يحتوى على كمية ضئيلة جدا من هذه المادة الأولية ، وبما يثير الاهتمام حقا أن نلاحظ وجود نجوم حديثة السن ، في داخل العرق الداكن الذي يمتد عبر هذه المجرة البيضية ، هذا مع أن بقية المجرة مكونة كلها من نجوم مستكملة لخصائص الجُمهرة الثانية .

فهل نستطيع أن نستنبط أن جميع المجرات من سن واحدة ، وأن توزيعها الحالي بين مختلف الأنواع ليس إلا نتيجة لإختلاف سرعة سيرها نحو الشيفوخة ؟ .. لا أظن ذلك . فإلى جوارنا ، مثال واضح يؤيد ماذهبت إليه ، وأعنى به سحابة مجلان . فإذا صح ماذهبت إليه ، أى إذا صح أن المجرات المهوشة هي الأحدث سنا ، فكيف تأتى أن تأتلف مجرتان حديثتا السن مع مجرتنا ، التي هي في عمر الكون النجمي نفسه ؟ .. ليس أمامنا إلا جواب واحد : هو أن هاتين المجرتين ليمستا في الواقع في سن مجرتنا ، فلا يحتمل أن يزيد عمرها عن مائة مليون سنة .

بل يبدو أنهما ليستا من سن واحدة بالضبط . فالسحابة الكبرى زاخرة بمادة الفراغ النجمي ، بينما السحابة الصغرى توشك أن تكون تامة الشفافية ، ومن ثم فهي تكاد تكون خالية من مادة الفراغ النجمي .

ومعنى هذا أن السحابة الكبرى أحدث سنا من السحابة الصغرى ، وليست

الآخيرة على أى حال بالمجرة المجوز ، لأنها خلو من نجوم ر . ر . السلياق
والحشود الكرية اللتين تميزان الجمهرة الثانية .

ويجئ إلى إذن أنه لامناس من أن نقرر بأن سحابى مجلان هما في
الواقع أحدث سنا من مجرتنا وأنهما تكوئتا من التراب والغاز في مرحلة
متأخرة من حياة مجرتنا .

وبرغم أن مجرتنا تعتبر مجرة عجوزا ، فالمستقبل لا يزال منبسطة أمامها ،
فما زالت تحتوى على ذخيرة تكفي لصياغة عدد كبير من النجوم ، وما زال
في وسعها أن تكون أذرعا لولبية في المستقبل . ولكن لامناس من بلوغها
النهاية أخيراً

ويجئ إلى أن في وسعنا أن نحصل على مجرات أخرى نستطيع أن نطالع
فيها وصف الحالة التي ستكون عليها مجرتنا حين تبلغ نهايتها .

فجرة مسية ٨٧ الكرية الضخمة يبلغ لمعانها لمعان جميع نجوم الجمهرة الثانية
في مجرتنا ، وهي محاطة بضباب ضخمة يحتوى على حشود كرية ، أمكن
إكتشافها بإستعمال المرقب ذى مائتى البوصة .

وربما نرى في مسية ٨٧ مجرة أكبر سنا من مجرتنا ، وفي وسعنا أن نرى
فيها مصيرنا الذي ينتظرنا في المستقبل . وربما كانت أصغر وأخفت قليلا مما
صورته ، ومن ثم تكون أسرع خطى إلى الشيخوخة من مجرتنا ولذلك فقد
لا يزيد عمرها مقدرا بالسنين عن مجرتنا .

بل إن مجرة مسية ٨٧ لم تصل بعد في تطورها إلى الحد الذى تنطفيء عنده
الجدوة ويخمد فيه النشاط ، ولا أدل على ذلك من أننا نلاحظ أن هناك نافورة
من غازات و تراب تندفع من منطقة النوية إلى الخارج .

وما أنذا قد فرغت من تخطيط صورة لتطور المجرة من صورتها الأولى الموهشة إلى صورتها اللولبية ، إلى الحالة البيضية . ويمكننا أن ندرج الأغلبية الساحقة من المجرات في هذه السلسلة ، ولكن هناك حالات شاذة لا يمكن درجها في أى من حلقاتها .

وقد سبق أن رأينا بين النجوم حالات عجيبة من التزاوج ، ولها شبه بين المجرات . ومن أمثلة ذلك ما نراه من ترابط وثيق بين مجرة بيضية وأخرى لولبية . . .

فإذا صح ما ذكرناه توأم أن هناك إرتباطا عكسيا بين حجم المجرة وسرعة بلوغها الشيخوخة ، فعنى ذلك أنه إذا نشأت مجرتان معا ، فالمتوقع أن تصل أصغرهما وأخفهما إلى طور المجرة البيضية قبل الأخرى .

فجرة مسييه ٣١ ورقيقاتها مرتبطة بعضها ببعض كما يجب أن نتوقع . ولكن لو صح أن مجرة كجرة مسييه ٦٠ (البيضية) مرتبطة في الفضاء مع المجرة اللولبية الخافتة (N . G . C . ٤٦٤٧) * فقد خرجنا عن النظام المرسوم — لأن مسييه ٦٠ ألمع بمراحل شاسعة من المجرة الأخرى .

بل أن الترابط بين مجرتنا وبين صحابتي مجلان هو — بدوره — خروج أصرخ على القاعدة . فهل يمكن أن يكون قد حدث للمجرات شيء يؤثر في مجرى تطورها ؟

إن أروع ما يصادفنا من أمثلة تصوراتنا لتلك الظاهره التى يمكن أن نطلق

* N . G . C . اختصار لجل فلكى يدعى New general Catalogue

وقد أدرج فيه شكل مجرة رقم معين (المترجم)

عليها اسم «التطور الموقوف» بين المجرات، نجد في بعض حشود المجرات الضخمة الكثيفة كذلك الحشد الذي يقع نسبيا بالقرب منا، والذي يرى خلال كوكبة شعر برنيقة، ويطلق عليه حشد شعر برنيقة (لوحة ٢١). إن هذا الحشد مكون من حوالى ٨٠٠ مجرة، بعضها دائرى، وبعضها مغزلى، ومن ثم فمن المحتمل أن يكون شديد التسطح.

ولكن أروع ما يلفت النظر في هذا الحشد أنه خال تماما من أى تشكيلات لولبية، وقد اعتدنا أن نرى هذه التشكيلات (وخصوصا شطيرة التراب المركزية) في المجرات المسطحة المستطيلة، ولكن العجيب في مجرات هذا الحشد أنها لا تحتوى إلا نجوم المجرة الثانية.

فما سر خلوه من اللولبيات؟... وماذا حدث للتراب الذى كنا نتوقع أن نجده داخل المجرات؟ حينما أجاب باده Baade وسبتر Spitzer على هذا السؤال، أثار جوابهما من الدهشة ما أثارته الأرصاد نفسها... لقد أثبت لنا هذان العالمان أن مجرات شعر برنيقة تكون حشدا كثيفا، وقد بلغ من كثافته حدا حمل هذين العالمين على الإعتقاد بأنها لا بد قد عانت إرتطامات متوالية (وإذا قلنا إرتطامات متوالية، فيجب أن يتنبه القارىء أننا نقصد بكلمة «متوالية» المعنى الكونى لا المعنى «العادى»).

فند بدأ أفق الزمان، لا بد أن كل مجرة قد عانت — فى المتوسط — عشرين إرتطاما مع عشرين مجرة أخرى. وهذه حقيقة لا مناص من التسليم بها، وهى نتيجة مباشرة لما نلاحظه من درجة إحتشاد الحشد وما نلاحظه من حركات المجرات داخله.

أنها نتيجة مستنبطة من الواقع، ليس فيها من الخيال خالجة. ولكن أين أمارات هذه الإرتطامات؟... إن المجرات تبدو سليمة لا أثر فيها لتحطيم أو تهشم. ولكل مجرة حدودها الواضحة الصريحة، والتجانس والتماثل يادى فى كل مجرة منها.

ولكن قليلا من التفكير يثبت لنا أن هذا الذى نستغربه هو — فى الواقع — ما يجب أن نتوقعه . فالمجرة ليست إلا جهازاً مفتوحاً ، إلى أقصى الحدود ، والنجوم المكونة لها يبلغ من تباعدها بعضها عن بعض إلى حد أنه يمكن أن تمر مجرتان إحداهما عبر الأخرى دون أن يحدث أى خلل ملحوظ فى حركات النجوم المكونة لها أو مواضعها ...

أما التراب والغازات التى توجد فى المجرات فلها شأن آخر . ولعل القارىء يذكر أننا ذكرنا أن الغازات لزجة . فإذا إرتطمت مجرتان ، مرت النجوم المكونة لهما دون أن يحدث لها أى خلل ، فى حين أن الطبقات المركزية للزجة من الغازات يرتطم بعضها فى بعض إرتطاماً عانياً يصحبه إنفجار جارف شديد ، وذلك أن سرعة المجرات حالة مرورها فى بعضها البعض تكون غاية فى الشدة ، حتى لتبلغ بضعة مئات الأسيال فى الثانية .

وتبلغ قوة إرتطام الغاز بالغاز من الشدة حداً يجعل السحب الغازية تندفع فى الفضاء إندفاعاً شديداً ، حاملة معها التراب والدخان . وتلت كل مجرة من المجرتين المرتطمتين أن تطرد من الأخرى كل ما فيها من مواد الفراغ النجمى ولا شك أن تعرض كل مجرة لعشرين إرتطاماً يعد كافياً لتطهير حشد شعر برنيقة من أى أثر للمادة التى تصنع النجوم .

وهكذا حبل بين هذه المجرات وبين مواصلة سيرها الطبيعى ، وهذا هو سر ما نراه من وجود مجموعة من المجرات كان مقدراً لها أن تسلك طريقها الطبيعى ، من مجرات لولبية إلى مجرات بيضية ، لو أنها لم تكن محتشدة هذا الإحتشاد .

وهكذا « جمدت » كل مجرة منها على الصورة التى كانت عليها حين دهمتها الإرتطامات فتزفت منها كل المواد المكونة للنجوم .

وبعد — هل تعانى اليوم مجرة مسيئة ٨٧ عملية تفجيرية كاسحة نهائية ؟ ...

وهناك حشود كثيفة أخرى من المجرات ، مثل الحشد الذى يرى فى كوكبة الإكليل الشمالى . وقد اكتسح كل ما فيه من المادة المكونة للنجوم ، وأصبحت الآن فى حالة تطور موقوف . ويبدو أن هذا هو المصير المحتوم الذى ينتظر المجرات التى عانت كثيراً من الإرتطامات المتكررة .

ولا تزال ثمة أسئلة تنتظر الجواب . ماذا حدث — مثلاً — للتراب والغاز ؟

يعتقد العلماء أنها قد تحولت إلى مجرات جديدة منذ مدة بعيدة ، ومن الجائز أن تكون هذه المجرات قد أكتسحت هى الأخرى نتيجة لإرتطامات عائلية .

وقد عرفنا أن المجرات تتداخل بعضها فى بعض دون أن يحدث هذا التداخل أى تأثير فى النجوم المكونة لها . وكل ما ينتج عن هذا التداخل هو التخلص من مواد الفراغ النجمى وهذه النظرية تتضمن إعتبارات بعيدة المدى فإتنا لتساءل مثلاً ، كم مرة مرت مجرة مسيية ٣٢ عبر مجرة المرأة المسلسلة ؟ . . . وما نتائج هذا التداخل بينهما ؟ . . . وهل حدث أن مرت سحابتا مجلان عبر مستوى مجرتنا ؟ فإذا كانت سحابتا مجلان تتحركان بتأثير الجذب الثقافى فى مدارات دائرية ، فإن مدة دورانهما لا بد أن تكون معادلة للعمر الكلى المتوقع لهما وهل تولدت هاتان السحابتان — أو كبراهما — على الأقل — من التراب والغاز اللذين إنطلقا بتأثير إرتطام بين مجرتين ؟ . إنها فكرة لا تخلو من روعة ، وآمل أن أكون قد نجحت فى رسم صورة واضحة للمنحنى الذى يتخذه تطور المجرات .

وبعض المبادئ التى ذكرتها هى موضع إتفاق بين معظم علماء الفلك ولكن بعض الآراء الأخرى هى من وضعى .

فالطريقة التى صورت بها تكون المجرات اللولية — مثلاً — تؤدى حتماً إلى إعتبار الأذرع تنزع إلى التحرك إلى الخارج ، على الأقل خارج

المجرة : وهناك فلنكون مشهورون ، من أمثال لندبلاد Lindblad ، لهم في هذا الشأن إتجاه آخر .

ولكن أحسب أن الطريق الرئيسي الذى رسمته لتطور المجرات ، من مجرات مهوشة ، إلى لوليات ، إلى يضايات ، يلقى على وجه العموم تأييدا لا بأس به .

صحيح أن هذه الفكرة في تصور تطور المجرات تقلب الترتيب الذى إختطه هبل Hubble رأساً على عقب والذى يرتب به تطور اللوليات من طور « الطراز الأقدم » إلى طور « الطراز الأحدث » ، ولكن شاپلى Shapley قد آثر الترتيب العكسى وأخذ يناصره من مدة طويلة .

وإن النظرية العامة لتطور اللوليات لتدين بالكثير إلى كارل فردريك فون فيزا كر Carl Friedrick Von Weiszachrr وخياله النير ، وأعترف أننى قد تأثرت بآرائه تأثراً بعيد المدى .

ولكن ما تزال أماننا مشكلات كثيرة — فلا زلنا في حاجة إلى مزيد من الأرصاد ، وأن المرقب ذا مائتى البوصة لكفيل بها . ولن نكون في الوضع الذى يسمح لنا بابتكار نظريات جديدة ما لم يتح لنا أرصاد كافية .

إن الأساس الذى بنينا عليه نظرية حركة غاز الفراغ النجمى لا يزال هو نفسه في مرحلة الطفولة . ولكنى مع هذا أحس في نفسى شعوراً متزايداً بالثقة بأننا على الأقل قد نجحنا في درج المجرات في ترتيبها الصحيح ، بل حسبنا أننا قد أصبحنا على علم بالعوامل الرئيسية التى تتحكم في تطورها .

ولكن الموضوع لا يزال جديداً ، وما زال منظوياً على أسرار يرجى

أن يكشف عنها الستار، وغفوقاً بمزالق لا يؤمن معها العثار، ولكنى مع ذلك كنت من الجرأة بحيث بحث لنفسى أن أتعرض له بالبحث ولم تتوافر لى أسبابه بعد .

ولن يحذرني عن هذه الجرأة إلا نزعة التفاؤل التى يمتاز بها علماء الفلك ، تلك النزعة التى غدت خصلة ملازمة لهم وطبيعة لاصقة بنفوسهم لا ينفون عنها حولا .

الحق أقول أن موضوع تطور المجرات لا يزال سرا مغلقا على نفسه ، تكتنفه الحجب والاسرار ، ولم ينضح بعد النضح الذى يسمح لنا أن ندلى فيه بالكلمة الحاسمة

ولو أن إنساناً من الحذرين المتوجسين قد طلب إليه أن يتعرض لبحث هذا الموضوع ، لربما أضرب إضراباً عن مجرد مساسه من بعيد أو قريب . فإنه لموضوع شائك ، ولا مفر لمن يحاول أن يقترب منه ويتناوله بين يديه بالنقليل والبحث ، أن تدمى أصابعه .

الفصل الثامن

تطور النجوم

تعتبر قصة تطور النجوم أروع قصص علم الفلك وأبعثها على الحيرة . فالنجوم مشورة أماننا بأنواع متفاوت فيما بينها تفاوتاً عجبياً ، وتكاد معلوماتنا عن الصفات الخارجة للكثير منها — كاللمعان والحجم ، ودرجة حرارة السطح والكتلة ، والتكوين الخارجى — أن تكون وافية .

كما أننا نعلم الكثير عن العلاقات التى تربط ما بين أفراد مجموعات النجوم المختلفة ، وقد عرفنا كذلك أن حركة النجوم وتوزيعها داخل مجرة ما ظاهرتان ترتبط أحدهما بالآخرى ارتباطاً محكماً ، وتصلان اتصالاً وثيقاً بالصفات الطبيعية الأخرى للنجوم .

والهمة الملقاة على عاتقنا هي أن نجسك هذه الحقائق جميعاً فى قصة متماسكة تحكى لنا كيف تتطور النجوم ، وبذلك نستطيع أن نستنبط التغيرات التى تطرأ على النجم خلال حياته فتدفعه من الطفولة إلى الشيخوخة ، وهنا تواجهنا أقى العقبات الكشود ، فتطور شخصية النجم ينبعث من داخله والعوامل التى تتحكم فى سلوكه عميقة الجذور تستمصى على وسائل الرصد .

صحيح أننا نعلم أن الظروف فى باطن النجوم تختلف كل الاختلاف عن الأحوال عند سطحه ، وأن درجات الحرارة المركزية والضغط المركزية لا بد أن تكون عالية ، ولكن درجات الحرارة والضغط الفعلية تعتمد على تركيب النجم وتكوينه فى المرحلة التى وصل إليها من تطوره .

ونحن على يقين بوشك أن يكون تاماً أن معظم النجوم تعيش على الطاقة

المنبعثة من مادتها النووية ، وأن تكوين النجم في تغير مستمر ، وهذا التغير يؤدي — لاحالة — إلى تغير في هيكل النجم .

الحقائق الأساسية

وقد حاولت في الأبواب السابقة أن ألخص الحقائق الأساسية التي يبدو لي أنها أهم العوامل الموجهة في مشكلتنا .

في المقام الأول تأتي الصفات الملحوظة للنجوم ، كإختلاف لمعانها وحجمها وكتلتها ، وميلها الجارف إلى تكوين مزدوجات أو مجموعات بسيطة أو مركبة ، والנزعة القوية التي تدفع المجموعات التوأمية إلى الحركة التدويمية ، والظروف السطحية التي لا تهدأ ، وشيوع ظاهرة إندلاع الدقائق منها وإنتشارها في الفضاء .

ثم يأتي في المقام الثاني معرفتنا بالصلات العائلية بين النجوم — ونزعة كل مجموعة نجمية إلى الإلتظام في إطار معين يحدد سلوكها ويسيطر على تصرفاتها ، فللحشود المجرية صورتها العائلية المميزة ، كما أن للحشود الكرية صورة محددة تختلف كثيرا عن صورة الحشود المجرية .

وتتخذ هذه الصور العائلية معنى أوسع عندما تنعكس فيها صورتا المجهرتين الأولى والثانية اللتان تحتلان على التوالي الأذرع المسطحة والطبقات شبه الكرية من مجرتنا ومن كثير غيرها من المجرات .

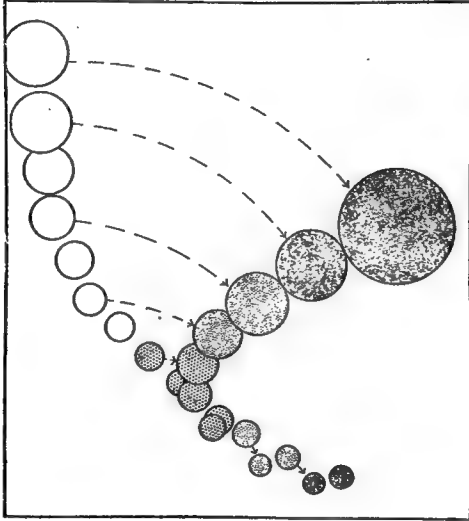
ويبدو أن المجرات التي تتكون من نجوم خالصة من الجهرة الأولى قليلة العدد ، وأن المجرات التي تحتوى على نجوم خالصة من الجهرة الثانية هي الغالبية الساحقة من المجرات أما في اللولبيات فنشاهد المجهرتين معا . وقد ذكرت في الفصل السابق أن وجود المجهرتين معا في اللولبيات إن هو إلا إرتباط وقي وأن نجوم الجهرة الأولى متميزة في المادة النجمية الموجودة في طبقة مركزية

تفاوت درجات رقتها في هذه اللولبيات ، كما أسلفت أن نجوم هذه المجرة والأذرع اللولبية التي تسكن فيها ، إن هي إلا ظاهرات وقتية زائلة ، مقدر عليها أن تذوى وتخلف وراءها مجموعة فقدت صورتها اللولبية ، ذات شكل مسطح نوعا ما ، هي المجرة البيضية . وثالثة الحقائق الهامة التي يجب أن تمثلها جيدا حتى نستطيع أن نتصور كيفية تطور النجوم ، هي مدى الأفاق الزمني — وهو فترة زمنية تقل شيئا ما عن ١٠٠.٠٠٠ مليون سنة ، يبدو أن تكون النجوم قد حدث في خلالها .

والهمة الملقاة على عاتقنا أن ننسج من هذه الخيوط المتقاطعة المتشابكة نسيجا محكما متماسكا . ولا مناص لي من أن أعترف أنه لن يسعني — حتى الآن — أن أقدمه إليك إلا نسيجا مليئا بالفجوات والثقوب . ولو أنني حاولت أن أظهره على شكل نسيج سوى مكتمل خال من الثغرات فإن ذلك لن يكون على حساب ضميري فحسب ، بل سيجلب عليّ بحرية زملائي أصحاب الفلك . وأجب أن أعترف أن كل ما سأدلي به هنا خاصا بتطور النجوم ، ليس إلا نتيجة تعسس في ظلمات هذا الموضوع ، وإن كنت قد تهديت في دياجير الظلام الذي كان يحيط بي من كل مكان ، بخفقات مرتعشة من النور الذي ينبثق من عقول جبابرة علم الفلك ، وفي مقدمة الرواد السابقين فيه إدنجتون Eddington ، جينز Jeans ، ورسل Russell ، ومن حلة المشاغل هذه الأيام ستروف Struve ، وفون فيساكر Von Weizsacker ، وأمبارتسوميان Ambartsumian ، وكرات Krat ، وهويل Hoyle ، ولتلتون Lyttelton ، وسبترز Spitzer ، وهويل Whipple ، وشفارتشيلد Schwarzschild وتشاندرا سيكهار Chandrasekhar ، ولكن أنوارهم متضاربة تشع في كل المسالك وتضرب في جميع الشعاب ، وبعضها خادع خلب أشبه ما يكون بالسراب ، ومن يدري ؟ فلعل — بدوري — لا أحل في يدي إلا مشعل النور الخادع الذي يومض ولا يضيء ، يلمع ولا يهدي ، يحسبه الظمآن إلى المعركة هديا ، حتى إذا ما جاءه لم يجده شيئا .

من المجهرة الاولى الى المجهرة الثانية

ذكرت في الفصل السابق بعض الاسباب التي تحملني على الاعتقاد بأن المجهرة الاولى تمثل نجوما حديثة السن ، — أحدث سنا على أى حال من نجوم المجهرة الثانية .



شكل (١١)

رسم تخطيطي يبين عملية التطور من المجهرة الاولى نحو المجهرة الثانية . وهذا الرسم يبين الخطوط العريضة للنجوم المفردة . أما النجم المنقسم فقد يوزع نفسه على طول سلسلة التتابع الرئيسى . وتدلل الأسهم المقوسة المتجهة إلى أسفل على بدء ظهور حالة العمعان الخافت . الاحجام مصغرة بمقياس الرسم التقليدى .

وسأجعل نقطة بدئي هو إقراض أن الحشود المجرية الفنية — مثل المجموعة العظمى في فرساوس — تمثل أسرة من النجوم الحديثة السن ، المتماثلة عمرا المتشابهة مولدا وتاريخيا . وإني أعتقد أنه سيجيء الوقت — بعد أحقاب طويلة جدا — الذى تتخذ فيه هذه المجموعة الملاحم العائلية المميزة للحشود الكرية .

وسأنتجنب مؤقتا التعرض للفروق الهائلة التى توجد بين الحشود المجرية والكرية فى مجرتنا ، من حيث عدد نجومها والجمهرتان اللتان تفتيمان اليهما . وأجترى . بأن أذكر القارىء هنا بأن سحابة مجلان الكبرى تحتوى على حشود « كرية » من حيث الشكل ، ولكنها « مجرية » من حيث نوع الجمهرة التى تنتمى إليها ...

فكيف نستطيع أن نتخيل الطريقة التى تنطور بها الخصائص النجمية حتى تتحول الصورة العائلية الأولى إلى الصورة العائلية الثانية ؟ هنا نجد أنفسنا حبال مشكلة لا تختلف فى شيء عن لعبة الكلمات التى توضع للأطفال والتى يطلب إليهم فيها تحويل كلمة « كلب » مثلا إلى كلمة « جمل » ، وذلك بإجراء سلسلة من التحويلات فى حروف الكلمة الأولى بحيث يؤدي كل تحويل إلى إنشاء كلمة لها معنى لغوى معين ، وبحيث تنتهى الخطوة الأخيرة بالحصول على الكلمة الثانية ...

فمثلا سلسلة التحويلات — كلب — جلب — جلل — جل تحقق هذا الغرض .

فهل يمكن أن نتخيل سلسلة من الخطوات يمكن أن تتحول بها صورة مجموعة نجمية إلى أخرى متخذة لها فى كل خطوة إحدى الصور المعروفة

للنجوم ؟ وإذا كان هذا ممكناً فهل يمكن إدراج تلك الصور في الإطار الزمني الذي سبق لنا وضعه ؟

لنلق بنظرة فاحصة على المجرة الأولى التي إعتبرتها نقطة البدء في عملية التطور . وأحسب أن أهم ما يميزها هو صغر حجم معظم نجومها ، وخفوت ضوئها وضآلة كتلتها . فالعلاقة العليا الزرقاء الضخمة ، وحتى النجوم التي تماثل الشعري البياية ، نادرة الوجود في هذه المجرة . فإذا تدرجنا من هذه النجوم اللامعة نزلاً ، وجدنا أن عدد النجوم يأخذ في الزيادة كلما نقص لمعانها ، حتى نصل إلى النجوم التي لا ينقص لمعانها عن عشر لمعان الشمس . وإذا قارنا هذه الصورة بصورة نجوم المجرة الثانية (التي إعتبرها المرحلة الأخيرة في عملية التطور) نلاحظ أمراً عجيباً : هو أن الصورتين تنطبقان عند منطقة النجوم الخافتة ، وهي التي تمثل الكثرة الغالبة من نجوم المجرة الأولى ، ولعلها تمثل الكثرة الغالبة من نجوم المجرة الثانية كذلك .

وليس معنى ذلك إنعدام إختلاف بين المجرتين ، فإذا جاز لنا أن نصدر حكماً على أساس النجوم الفاتحة السرعة المجاورة لنا ؛ فإن المجرة الثانية تشتمل على عدد كبير من الأقزام الدنيا الخافتة ولكن صورتى المجرتين تختلفان في مناطق النجوم اللامعة إختلافاً أبين وأوضح من إختلافهما في مناطق النجوم الخافتة . وقد رأينا عند دراستنا لأعمار النجوم أن هذه النجوم الخافتة هي التي يقدر لها أن تعيش طويلاً ، وأن العمر المقدر لها يزيد عن الفترة التي تفصلنا عن أفق الزمان . ومن ثمة يمكن القول أن هذه النجوم تدرج إلى شيخوختها في بضع .

وإذا توجهنا إلى النجوم اللامعة النادرة ، وجدنا أن الصورتين قد انفجرتا وتباعدتا ، ولن نجد في المجرة الثانية نجومًا تناسل نجوم الحشود المجرية

في الجبهة الأولى ، تلك النجوم التي يبلغ لمعانها قدر لمعان الشمس مليون مرة ، فأقصى ما يمكن أن يصل إليه لمعان نجم من نجوم الجبهة الثانية هو أن يبلغ لمعان الشمس ألف مرة ، وقد سبق أن عرفنا أن النجم الذي يبلغ لمعان الشمس مليون مرة لا يتوقع له عمر طويل (هذا إذا كان يمثل لقانون العلاقة بين الكتلة واللمعان) ، فعشرة ملايين من السنين تكفي لوصوله إلى حالة « الإفلاس » بينما اندء أتى تكفي للوصول ألمع نجوم الثريا إلى حالة الإفلاس هذه تقدر بمائتي مليون سنة ، أما ألمع نجوم القلاص فيلزمه ٢٠٠٠ مليون سنة حتى يلقى هذا المصير .

وأكبر الظن أن المنطقة التي تبدأ عندها صورتا الجهرتين في الإنفراج تقع قريبا من الموقع الذي يمثل النجوم التي تبلغ من اللمعان بحيث يقدر لها أن تصل إلى حالة الإفلاس في مدة يمكن مقارنتها بالبعد عن الأفق الزهني . وهذا الرأي على ما به من جاذبية ، يعوزه السند الواقى القوى . فكل ما استطعنا أن ندرسه حتى اليوم هو حشدان كريان فقط ، توغلنا في فحص نجومها اللامعة هابطين حتى موضع إلتقائها بنجوم التابع الرئيسى ، وعند ذلك قصرت وسائلنا عن مواالة الفحص . ومن ثمة يجب علينا أن نلتزم الحذر ، فنعد ما تكون المعلومات المتاحة غير وافية ، نجد أنفسنا منساقين إلى الإسراف في إصطناع الفروض البسيطة ، وهي زعة مغرية ، ولكنها خطيرة خادعة .

وتوحى الأرصاد التي قام بها باوم Baum وآرب Arp وماندج Sandage — على قلتها — بوجود فرق ضئيل بين نقطتي إنصال الحشدين بنجوم التابع الرئيسى . ولكن من المحتمل أن يكون بين الحشدين فرق في العمر والتاريخ ، فالصور التي ترسمها نجومها المتغيرة — كاسترى إن شاء الله — مختلفة أيضاً .

وفي الوسع أن نطقن إلى الخلافات الجوهرية بين الحشود الكرية والمجرية ، بل إن في وسعنا أيضا أن نميز الفروق بين أنواع الحشود المجرية نفسها . ففي بعض هذه الحشود ترتفع درجة لمعان نجوم التابع الرئيسي إلى حد فائق ، كما هو الشأن في حشدى فرساوس التوأمين ، بينما تبدو بعض الحشود الأخرى وكأ أنها قد جذت عند نقطة ما . ففي الثريا ينتهى الحشد عند اللمعان الشديد ، أما في القلاص فينتهى عند اللمعان الضئيل .

وأكبر الظن أن قة اللمعان في حشد ما تدلنا على مدى ما إستنفد الحشد من رصيده . وتدلنا بالتالى على عمر الحشد — فكما علت قة اللمعان ، دل ذلك على كثرة النجوم اللامعة في الحشد ، أى على صغر عمره . وسيفين لنا توا أن الأخذ بهذا الرأى يؤدى إلى القول بأن حشود فرساوس الكبرى لا بد أن تكون حديثة السن ، وأن الثريا أكبر منها بقليل ، وأن الحشود التى تشبه القلاص هى أكبر الثلاثة سنا . ولعله ليس من قبيل المصادفة أن القلاص هو أضعف الحشود تماسكا وأقلن سكانا وأن فرساوس هو أشدهن تركيزا وأكثرهن سكانا في هذه السلسلة .

ولعلنا نذكر أن أغلب الحشود الكرية غنية بنجوم ر . ر . السلياق السريعة التذبذب ، وهى من النجوم التى تتميز بها الجهرة الثانية ، ويبدو أنها قاصرة عليها . وتحتوى الحشود الكرية أيضا على نجوم منغيرة من طراز و . العذراء ، ر . ف . الثور .

وهذه النجوم تعتبر أيضا من الخصائص التى تمتاز بها الجهرة الثانية . كما تحتوى الحشود الكرية على عدد — قليل جدا — من النجوم المتغيرة طويلة الأمد . ولهذه النجوم النابضة في الحشود الكرية سمات عالية تمتاز بها ، لا تتفق مع الملامح الصميعة الرئيسية لعائلة الجهرة الثانية ، التى تمتد من النجوم

الباردة المتوسطة اللعان إلى النجوم الأخفض ضوءاً الأشد حرارة ، وتلتقي بنجوم التابع الرئيسى فى منطقة يقرب اللعان واللون فيها من لعان الشمس ولونها . فلك النجوم المتغيرة تقع على فرع غير متميز من فروع العائلة ، أو فوق هذا الفرع ، الذى يقطع الصورة أفقياً ، على إرتفاع يناظر لمعانا يكاد يبلغ لعان الشمس مائة مرة . ويمحوى هذا الفرع نجوما ذات درجة حرارة عالية ، وقد تفوق درجة حرارة بعضها درجة حرارة نجوم التابع الرئيسى المساوية لها فى اللعان .

وينحصر وجود نجوم ر . ر . السلياق على جزء محدود من هذا الفرع الألفى . وتكاد هذه النجوم تتشابه جميعاً من حيث اللون واللعان . فلا بد إذن أن تكون ذات أحجام متقاربة أيضاً ، ولكن مدةذبذبها تختلف بين القصر والطول : فقد تقصر حتى لا تتجاوز الساعة والنصف ، وقد تطول حتى لتكاد تبلغ يوماً كاملاً . أى أن النسبة بين الحد الأدنى للدة والحد الأقصى لها هى ١ : ١٦ . وهذه حقيقة على جانب كبير من الخطورة فلا يصح أن نمر بها مروراً عابراً .

فإذا صح أن القانون المعروف الذى يربط بين مدة الذبذبة والكثافة المتوسطة للنجم يسرى على نجوم ر . ر . السلياق (وهذا القانون يقضى بأن مربع المدة يتناسب عكسياً مع الكثافة المتوسطة للنجم النابض) ، وكانت النسبة بين أقصى كثافة وأدنى كثافة يمكن أن يبلغ إليها النجم هى ٢٥٠ : ٠١ . ونحن على يقين يكاد أن يكون تاماً أن هذه النجوم ذات حجم واحد ، فلا يمكن أن يعزى الاختلاف الواسع فى كثافتها المتوسطة إلا إلى اختلاف كبير فى كتلتها (هذا إذا لم يكن القانون الذى يربط المدة بالكثافة غير سليم ، وهو أمر لا نستبعده) .

ونحن لا نعرف كتلة أى نجم من نجوم ر . ر . السلياق . ولكن تساويها جميعا فى اللمعان يسمح لنا بالقول بأن بعض هذه النجوم ، على الأقل ، منمردة على قانون اللمعان والكتلة ، ولا يظعن فى صحة حكنا هذا جهلنا بحقيقة كتل هذه النجوم .

لقد انحرفنا عن موضوعنا وإستطردنا إلى فكرة سنولها حقها من الإهتمام فيما بعد ، فإن هناك نجوما أخرى من نجوم الجهرة الثانية يبدو أنها — هى الأخرى — لا تمتثل لهذا القانون المشهور الذى يربط اللمعان بالكتلة فلنقصر إهتمامنا الآن على إستجلاء الصورة النموذجية للنجوم المتغيرة فى الحشود الكرية . ولقد كان مارتن شفارزتشيلد Martin Schwarzschild هو أول من فطن إلى تلك الحقيقة الهامة ، ألا وهى أن نجوم ر . ر . السلياق تنحصر فى نطاق ضيق من اللون واللمعان ، وهذه الحقيقة تفسر لنا السر فى خلو بعض الحشود الكرية من هذا النوع من النجوم خلوا تاما ، كما تفسر لنا السر فى وجود مئات منه فى حشود أخرى . ذلك أن الفرع الأفقى للصورة العائلية قد لا يقطع الحشود الكرية كلها عند نفس اللمعان . فإذا كان هذا الفرع موجودا فى أحد الحشود ، ولكنه لا يستوعب منطقة ر . ر . السلياق فلن يظهر هذا النوع من النجوم فى هذا الحشد .

ويختلف لمان الفرع الأفقى فى الصورة العائلية للحشود الكرية من حشد إلى آخر إختلافا سيرا ، كما يختلف إختلافا سيرا مقدار إكتظاظه بالنجوم الأخرى عدا النجوم المتغيرة النابضة . ولقد وجد فى الواقع أن الحشدين للكربين اللذين أمكن دراستهما حتى سلسلة التناج الرئيسى لا يختلفان فى نقطة الإتصال فحسب ، بل كذلك فى سكانها من النجوم المتغيرة ، وفى إرتفاع مستوى الفرع الأفقى فيها وهذا يؤدى إلى وسيلة نستطيع بها أن نبين عمر

الحشود الكرية وتاريخها ، ولكنها وسيلة مليئة بالإحتمالات ، ولكن الإطباب في هذه الإحتمالات سابق لأوانه . فن الممكن دائماً وضع خط مستقيم لير بنقطتين ولكننا نحتاج إلى معلومات وافية قبل أن تنغمس في تيسار التكهنات .

وتعتبر نجوم ر.ر. السلياق أكثر النجوم المتغيرة شيوعاً في الحشود الكرية . ولقد عرفنا عن طريق البحوث التي قام بها أ. ه. جوى A. H. Joy بوجه خاص أن نجوم و. العذراء ، ر. ف. الثور هي نجوم صفراء لامعة ، يرتبط لونها ولعائنها وسلوكها ومدةذبذبها بعلاقة أكثر تعقيداً من العلاقة المعروفة التي تربط مدة الذبذبة واللبعان للمتغيرات القيفاوية ، فهذه النجوم المتغيرة نابضة كذلك ، ولكن سلوكها يختلف اختلافاً تاماً عن سلوك القيفاويات .

وللنجوم المتغيرة في الحشود الكرية نظائر في الجهرة الثانية في المنطقة الهيكلية من مجرتنا . وهذه النجوم اللامعة الصفراء المتغيرة تنبض في موجات تتبع متتابعة من سطح النجم . وفي الإمكان ، ولفترة قصيرة رؤية كل من الموجتين معاً أحدهما خلال الأخرى ، كما لاحظ ر. ف. سانفورد R. F. Sanford في مرصد مونت ويلسون . أما المتغيرات القيفاوية فلا تبدو كذلك ، بعكس نجوم ر.ر. السلياق (وهي من نجوم الجهرة الثانية كذلك) ، والتي تسلك هذا المسلك كما أوضح كل من سانفورد وستروف . ففي هذه النجوم يستمر وجود الموجتين معاً مدة عشرين دقيقة ، وكان كشفهما من أروع ما أسفرت عنه الأرصاد الفلكية .

وللقيفاويات ، وهي النجوم المتغيرة المميزة للجمهرة الأولى ، نموذج عائلي أبسط يخضع للقانون الذي يربط مدة الذبذبة باللبعان . ولا تقل مدة ذبذبة أسرع القيفاويات المتنبضة عن يومين إلا فيما ندر ، وهي تختلف في ذلك اختلافاً بيناً عن نجوم ر.ر. السلياق التي تبلغ مدة ذبذبة أسرعها ٩٠ دقيقة .

وإزدیاد اللعان یزیداد مدة الذبذبة یصل إلى أقصاه عند مدد ذبذبات أطول من تلك الّتی وجدت فی حالة معظم متغیرات الجهرة الثانية ذات اللعان المائل .

ولقد وضعت القیفاویات المتغیرة فی الجهرة الأولى ، فهی تشترك فی الحركة الدورانیة داخل المجرة وتعلق بالمستوى المجری ، ولكن لم توجد حتى الآن واحدة من نجوم القیفاویات فی حشد مجری . وبما لاشك فیه أن القیفاویات نادرة فی مجرتنا ، ولكنها من ألمع النجوم ، ومن المعلوم أن شطرا كبيرا من النجوم اللامعة یدخل ضمن نجوم الحشود المجریة .

ویمتقد Ambartsumian أن جزءا كبيرا یقرب من ٩٠ فی المائة من النجوم اللامعة الحارة هی أعضاء فیما یسمیه « بالعشار » ، ولكنه یدکر أن القیفاویات لیست ضمن هذه المجموعات . ویمدر ذلك صحیحا حتى بالنسبة للسحب المجلانیة الّتی تموج بالقیفاویات أكثر من مجموعتنا . فالمتغیرات القیفاویة تركز حیث توجد العقد الكثیفة من النجوم والسدم اللامعة الحارة .

وإذا كان ثمة أمل فی وضع المتغیرات القیفاویة ضمن الإطار العام للجهرة الأولى فیجب علینا فیا أرى أن نفترض أن هذه المتغیرات أكبر سنا من نجوم سلسلة التتابع الریسیة الّتی تساویها لعانا والّتی توجد فی الحشود المجریة والّتی إتخذناها نقطة بداية حیثا عرضنا للجهرة الأولى . فیدو أن القیفاویات لاتصاحب مجموعات النجوم الصغیرة السن .

وهنا ملاحظة أخرى تؤید هذا الرأی ، فالنجوم الحارة اللامعة تحدب الازرع الحلزونیة لمجرتنا ، لأنها تیر السدم اللامعة الّتی استطاع « مورجان »

Morgan بفضل ضوئها أن يصور الأذرع . ولكن القيفاويات غير موجودة خلال تلك الأذرع الضيقة ، ويبدو أن توزيعها يقع منحني الذراع ، ولكنها تنتشر في شريط عريض بدلا من أن تمتد في خط رفيع . ويحدث هذا كذلك للقيفاويات التي اكتشفها « هبل » Hubble في الأجزاء الخارجية من مجرة المرأة المسلسلة التي تشبه مجرتنا في وجوه عديدة . ولا تقع القيفاويات في خطوط رفيعة كما هو الحال في السدم اللامعة التي صورها « باده » Baade والتي تبدو كنخزات العقد . ومن المحتمل أن تكون القيفاويات قد نشأت في الأذرع الضيقة ولكنها عاشت أمدا يكفي كي تتحرك مسافة صغيرة بعيدا عنها ، ولكن ليس إلى درجة تسمح بتكوين طبقة سميكة في المستوى المركزي وإن كان إلى درجة تكفي لطمس معالم الذراع الدقيقة .

وإذا فرض أن قيفاويات المجرة الأولى قد تطورت بالتدرج إلى المتغيرات الصفراء في المجرة الثانية ، فإن الطريق الذي إتبعته في هذا التطور قد غم علينا وليس لدينا من شعاع ينير لنا السبيل إلا أن هذه القيفاويات تأخذ في الصفر بمضى الزمن (إذا ظلت محتفظة بلمعانها خلال عملية التحول) . ومن المحتمل أن تستمد هذه النجوم بعض ضوئها من الإنكماش خلال المراحل الأخيرة . وهو احتمال سنفرضه بالنسبة للنجوم الأخرى في بعض الأجزاء القادمة من هذا الباب .

بين المجهرتين

وهناك مشكلة أخرى لم تحل بعد تتمثل في مجموعة أخرى من النجوم المتغيرة ، وهي النجوم المتغيرة ذات الذبذبة الطويلة المدى وهي نجوم كبيرة منتشرة ذات كثافة صغيرة وحرارة منخفضة وتشتع ضوءا أخفت من الضوء الذي تشعه ألح القيفاويات وأنجوم ر. ف. الثور . وهذه المتغيرات لا توجد في

الحشود المجرية بانانا، ويندر وجودها (إن وجدت) في الحشود الكرية .
ولذلك يجب أن نبنى آراءنا على مظهرها في المجرة وهذه النجوم تقع في حركتها
وتوزيعها وسطا بين المجهرتين ، وتملأ في الواقع الثغرة بينهما .

ومن الواضح أن هذه النجوم تمثل نجوما في مراحل الانتقال المختلفة ،
وهي لذلك أكثر مجموعات النجوم أهمية وغموضا . وتؤدي لنا هذه النجوم
خدمة كبرى إذ تبين لنا أن المجهرتين لا يفصلهما حد فاصل دقيق حاسم عند
جميع أفرادهما . ولقد رأينا أن هناك اختلافا ضئيلا بين المجهرتين فيما يختص
بالنجوم العديدة المتناهية الخفوت وما يثير الإهتمام أن بعض النجوم المتغيرة
القليلة اللعان تشارك المجهرتين في خواصهما . ولكن ينبغي ألا ننسى أن
نجوم ر . ر . السلياق التي لا يزيد لمعانها عن لمعان النجوم المتغيرة ذات المدى
الطويل ، مقصورة على المجرة الثانية .

التغيرات الملحوظة في النجوم

أخذنا حتى الآن نوعين نهائيين من صور المجموعات النجمية ، وحاولنا
أن نط في صورة إحداها حتى تتحول إلى صورة الأخرى . وبما ينبغي
ملاحظته أننا أثناء ذلك قد نحونا عن قصد ألمع نجوم المجرة الأولى ولم
نترك في الصورة غير النجوم التي لا يزيد لمعانها عن لمعان الشمس ألفي مرة .
وليس هناك من سبب يبرر تحريفنا للحقائق بهذه الطريقة أو إغفال بعض
النجوم إغفالا تاما إلا إذا استطعنا أن تثبت بذلك أن طبيعة النجوم نفسها تجعلها
قادرة على التغير من جمهرة إلى أخرى .

وستلخص التغيرات التي نلاحظ أن النجوم تعانيها أو التي نفرض
أنها تعانيها .

إذا كانت النجوم تعيش حقا على الأيدروجين الموجود في باطنها، فيجب أن تحتفظ هذه النجوم بكتلتها دون تغير يذكر. ذلك أن الأيدروجين لا ينفى ولكن « يتجمد » إلى هيليوم (وهذا إذا جازى أن أطلق هذا الوصف على عملية تحدث عند درجة حرارة تبلغ ٢٠ مليون درجة) . ويترتب على هذا التحول نقص في الكتلة يقرب من ٧. في المائة. فإذا كان النجم مكونا بأجمعه من الأيدروجين فإنه لا يفقد غير هذا الشطر الصغير من كتلته عند ما يتحول كله إلى هيليوم، ويستتبع ذلك أن تظل كتلة النجم في جوهرها كما هي (هذا فيما يختص بالاستهلاك النووي للأيدروجين) فإذا أمثل النجم لقانون الكتلة واللمعان خلال حياته. فإنه لن يحتفظ فقط بلمعانه، بل إن لمعانه سيزداد في الواقع قليلا تبعاً لزيادة الوزن الجزيئي المتوسط له، كما سبق أن أشرنا في الباب الأول. ومن ذلك نرى أنه مادام النجم يحافظ على بقائه عن طريق الدورة الكربونية أو عن طريق غذاء أيدروجيني مماثل، وكان يتبع قانون الكتلة واللمعان فإنه سيبقى على نفس الخط الأفقي في الصورة المنقوش عليها، التي تبين تغير اللمعان مع درجة الحرارة (شكل ١٠)، وقد يرتفع النجم قليلا فوق هذا الخط.

فإذا احتفظ نجم بكتلته تقريبا على الدوام، وامتثل لقانون الكتلة واللمعان، فإن لمعانه يظل ثابتا دائما على الوجه التقريب. وعلى هذا الأساس يظل النجم لا مَعاً إذا حدث أن كان لامعا (حتى يتم افلاسه) كما أن أى إمتداد أو انحراف ممكن للصورة العالمية سيكون أفضيا أو صاعدا.

ونحن نفترض في هذه النتيجة أن تقلب مادة النجم مستمر، فبذلك يظل الأيدروجين في حالة حركة ويحمل أيدروجين جديد مكان الأيدروجين الذي أستهلك. أما النجم الذي لا تقلب مادته جيدا (ومن المحتمل أن يساعد

دوران النجم على تقليه ، فقد يأخذ في الخفوت كما يحتمل أن تبرد مادته .
السطحية بمرور الزمن ، وقد يزداد في النهاية خفوتا .

هذا هو ما تتصور النجم فاعلة ، ولكن ما الذى تفعله النجوم في الواقع
المستمد من مشاهداتنا ؟ قد يكون قذف المادة إلى الخارج هو أهم ما يسترعى
النظر ، فالنجوم التي تدور بسرعة تقذف بالذرات من سطحها ، فتدور هذه
الذرات حول النجوم مكونة مناطق من الذرات المتوهجة ، كما هو مشاهد حول
بعض النجوم الكسوفية مثل ر . و . الثور .

وفىما يختص بالنجوم الأخرى (وهى كبيرة العدد) يعطى المطياف على
دلائل على حدوث قذف ذرى ، يكون أحيانا على شكل رذاذ متصل وأحيانا
على شكل إندفاع ، ومثل هذه الأرصاد لا تدعو إلى العجب إذا تذكرنا
ما تقدمه الشمس من عرض مستمر لآسنه اللهب التي تخرج منها ،
وما يزرخ به سطحها من أمواج وأشواك وما شابه ذلك . ويجب ألا ننسى
كذلك ذلك القذف الذى يسترعى الأنظار أكثر من غيره ، وهو الطوفان
الذى يمزق سطح النجوم الجديدة كله ، نتيجة لبعض الانفجارات التي تحدث
تحت السطح . وتحدث مثل هذه الطوفانات للنجوم الجديدة اللامعة مرة كل
مليون عام . أما النجوم الجديدة المعتدلة فتعاني ذلك مرة كل عشر سنوات
أو نحوها . أما النجوم الجديدة التي يطلق عليها اسم الأقزام الجديدة فتتكرر
هذه العملية فيها كل بضعة أسابيع على نطاق أضيق .

فهل لدينا الآن أمثلة لفقدان سريع للكتلة يؤدي إلى إزاحة النجوم
رأسيا على الشكل كما يزيحها أفتيا ؟ بما لا شك فيه أن هناك فقداناً للمادة ،
ولكن عندما نقيس هذه الخسارة نجد أن الطوفان لا يصل إلى حد الكارثة .
فقد يفقد النجم جزء من ألف جزء من مادته عند كل إنفجار ، فإذا حدث ذلك
بمعدل مرة كل مليون سنة ، فلن يكون هناك نقص خطير في الوزن إلا بعد
مضى زمن يقرب من الألف الزمنى . وفضلا عن ذلك فالنجوم الجديدة هي

نجوم استثنائية ، وذلك على الأقل من وجهة النظر التي نعتبرها أفرادا في الجهرة الأولى ، أما حركتها وتوزيعها في سنجانها لتكون أفرادا في الجهرة الثانية . وبين كل انفجار وآخر تبدو هذه النجوم في مظهرها كأشياء الاقزام . واني أعتقد أن هذه النجوم قد إستغرقت وقتا طويلا حتى وصلت إلى هذه المرحلة .

وقد درجنا على تخيل الجهرة الثانية من النجوم نجوما مسنة ، وقد تمثل النجوم الجديدة حالات الزرع الأخير للنجوم التي تسير قدما نحو الفناء ، ولكنها لازالت تشتمل على كمية من الأيدروجين ، على الأقل عند سطحها ، مما يحفظ عليها بقاءها إلى حين ، وإن كان نصيب باطنها من الأيدروجين أقل من نصيب سطحها . وكل انفجار يحدث لهذه النجوم هو خطوة نهاية المطاف ، وتتوالى الانفجارات في هذه النجوم في أزمنة تقصر شيئا فشيئا ، وبعنف متناقص ، فتسير في الطريق الذي يؤدي بها من نجوم جديدة عادية إلى نجوم جديدة متكررة . ، حتى ينتهي بها الأمر فتصبح من النجوم الجديدة القزمة ينتابها انفجار خفيف كل بضعة أسابيع . أما ما يحدث بعد ذلك فأمر لا أجرؤ على التنبؤ به .

ولكن هناك انفجارات من نوع آخر تبدو على شكل كوارث حقيقية ، وهي التي تحدث للنجوم فوق الجديدة التي تنتحرف فلا ، وتقذف بمعظم مادتها بعنف في الفضاء . ويشاهد حتى اليوم بقايا كارثة نجمية من هذا النوع وقد تبعثت الأشلاء في الفضاء ، فلا زالت هناك بقايا نجم ، قد يكون قرمزا أبيض — سديم أبو جلمبو (اللوحة التاسعة) — وهي أشلاء انفجار نجم فوق جديد شوهد عام ١٠٥٤ . ولا بد أن يكون للنجوم فوق الجديدة مواضع في الصورة الماثلية تختلف عن مواضع النجوم الجديدة العادية . والنجوم فوق الجديدة نادرة ، فقد يولد واحد منها في سديم كل بضعة قرون .

وعلى هذا الأساس لا يحتمل أن يتعدى نسبة وجود هذه في مجرتنا ١٠٠٠٠٠٠ منذ مبدأ أفق الزمان. ولما كان ما يوجد من الأقزام البيضاء في مجموعتنا النجمية قديز يد عن عدد النجوم فوق الجديدة مائة مرة فلا يمكن أن تكون النجوم فوق الجديدة هي المصدر الوحيد للأقزام البيضاء.

ومن المؤكد أن هناك عددا كبيرا من النجوم الجديدة ومادونها تقذف في الفضاء بجزء من مادتها، إما باستمرار أو على فترات متقطعة. ولكن يبدو أن هذا القذف لا يحدث بكميات كبيرة تكفي لإزاحتها عن مواضعها كثيراً في صورة المجموعة النجمية. وهذه النجوم تنزح قليلاً إلى أسفل في الصورة كلها سكبت شيئاً من مادتها، ولكن هذه الحركة لا تكاد تبعدها كثيراً عن مواضعها.

لنبحث الآن الإحتمال المضاد، وهو أن النجوم تلتقط المادة أثناء سيرها في الفضاء، فتغذى على الغبار والغاز الموجودين في الفضاء الواقع بين النجوم. من الممكن أن يفعل النجم ذلك حقاً، ولكن يجب أن تتوافر الظروف الملائمة لذلك. فإذا كان النجم أشد حرارة مما تقتضيه هذه الظروف فإنه سيقذف بهذا الغذاء الموضعي مرة أخرى إلى الخارج، وإذا كانت حركته أسرع مما يجب فإن المادة ستفوته. ولقد قدر أنه لكي يلتقط النجم كمية ذات قيمة من الغذاء الموجود في الفضاء الواقع بين النجوم، يجب أن يكون النجم أكبر كتلة من الشمس، وألا يكون حاراً جداً، وأن يظل في السحب الكثيفة فترة لا تقل عن عشرة ملايين سنة. وربما لأشك في ما إذا كان إستهلاك الغبار والدخان عاملاً هاماً في زيادة كتلة النجوم يؤدي إلى إزاحتها إلى أعلى في الشكل.

التغذية والمعالجة الحرة:

هل هناك عمليات نووية غير معروفة يمكن بواسطتها بقاء النجوم،
(م ١٧ - نجوم)

بالإضافة إلى عملية إستهلاك الأيدروجين ؟ نعم ، هناك عدد من هذه العمليات
فالنجم يستطيع البقاء باستهلاك الليثيوم ، والبريليوم والبورون ، وتم هذه
العمليات في درجات حرارة منخفضة نسبيا ، تجعل الأمور سهلة للنجوم
العالمقة (أو للفلكيين الذين يحاولون فهم هؤلاء العالمقة ١) . ولكن العقبة
في مثل هذه العمليات هي ندرة هذه المواد ، فمثل هذه العمليات لا يمكن أن
تقيم أود النجم مدة طويلة ، وربما تتغذى النجوم عليها في طفولتها مدة ما .
ولكن الأيدروجين هو الوحيد بين الذرات الذي يمكن أن يكون غذاء
مستمر يشبع النهم ، وذلك لسبب بسيط هو أن الكون بأجمعه يكاد يكون
مكونا من الأيدروجين .

ومن المسائل الملحة التي تتطلب الحل ، مسألة غذاء العالمقة الحمر من النجوم ،
فهذه المسألة مرتبطة بالناحية الفنية الخاصة بالتركيب الداخلي للنجوم . فإذا
كانت العالمقة الحمر تشبه بقية نجوم سلسلة التابع الرئيسية في التكوين ، فإن
درجات حرارتها ، التي تتوقف على النسبة بين الكتلة ونصف القطر ، يجب
أن تكون منخفضة إلى حد كبير ، فلا تكفي هذه الحرارة لهذه الدورة الكربونية
التي يستهلك فيها الأيدروجين . وقد يصلح تفاعل البروتون بالبروتون ،
ولكن أمامه كذلك كثير من العقبات . وحتى الآن لم يقض في هذه المسألة
يقول فصل . إذن ، فما هي الطريقة التي تنبعث بها الطاقة في العالمقة الحمر .

هناك مدرستان للفكر في هذه المسألة المعقدة ، ولكل منهما فروعا .
فأفصار إحدى هاتين المدرستين يسعون بطرق مختلفة إلى إدراج مراكز
عالمقة النجوم بحيث تكون هذه المراكز في درجة مرتفعة من الحرارة .
وقد نجحوا في ذلك إلى حد ما بالرغم من أن أحدا لم ينجح حتى الآن في وضع
نظرية يمكن أن تفسر لنا كيف يمكن للعالمقة العليا المتطرفة الحمر أن
تواصل حياتها . أما المدرسة الأخرى فقد آثرت العودة إلى نظرية الإنكماش

التي وضعها بعض العلماء منذ خمسين عاماً لتفسر استمرار الشمس في إشعاعها ، ولكن الشمس نجم ذو كتلة ضئيلة ، وربما أمكن لنجم أثقل منها أن يحافظ على بقائه مدة أطول — بما يتوافر لديه من الطاقة التجاذبية الناشئة عن إنكماشه . ومن المحتمل أن تكون النجوم المتغيرة نجوماً آخذة في الإنكماش . وإذا اعتبرنا سلسلتى النجوم المتغيرة اللتين تميز بهما الجهرتان الأولى والثانية ، وجدنا أن أفراد السلسلة الثانية تبلغ في قطرها ربع قطر أفراد السلسلة الأولى التي تساويها في اللمعان .

ونحن لا ندرى مدى إستجابة النجوم التي تحتفظ ببقائها جزئياً على الإنكماش ، لقانون الكتلة واللمعان . من المحتمل ألا تخضع النجوم المتغيرة لهذا القانون ، وليس لدينا وسيلة لتقدير كتلة نجم دورى التغير ، ويوحى المسلك الغريب لهذه النجوم بأنها تختلف عن النجوم الأخرى المساوية لها في اللمعان إختلافاً كبيراً . وفي الإمكان أن تنصور أن يكون الإنكماش مصحوباً بخفقتان ، ولكن هناك أمراً مؤكداً هو أنه إذا كانت هذه النجوم تنكمش فلا بد أنها تفعل ذلك بمنتهى البطء ، وإلا تغيرت مدتها تغيراً ملحوظاً . ومن المؤكد أن تنظيمها داخلياً هاماً يحدث باستمرار لنجوم ر . ر السلياق ، إذ أن لها جميعاً نفس اللمعان والحجم ، بالرغم من إختلاف كثافتها ، كما سبق أن رأينا (وذلك على فرض أنها تخضع للعلاقة المعروفة بين مدة الذبذبة والكثافة) .

وإذا كان للإنكماش أن يمد نجماً بالطاقة حيناً من الدهر مقدوراً ، فلا بد أن يؤدي إلى تحول باطن النجم إلى الحالة التي يكون عليها القزم الأبيض ، وبذلك قد يصل العملاق المتطور في النهاية إلى مرحلة النجم فوق الجديد ، حيث يكشف الانفجار الأخير عن قلب النجم المحطم .

ومن الممكن أن تنجلي مسألة النجوم العملاقة الحمر إذا تذكرنا أن هناك أنواعا مختلفة من هذه العملاقة . فلا بد أن تكون مجموعة النجوم الحمر فوق العملاقة العليا الواقعة بالقرب من حشدى فرساوس التوأمين هى نجوم صغيرة السن . ولقد وجدنا من الأسباب ما يدعو إلى الاعتقاد بأن هذه الحشود الصغيرة صغيرة السن ، وقد تكون أفرادها الضخمة الحمراء نجوما مسرقة لا ينتظر لها حياة طويلة .

ونجوم الجبهة الأولى الضخمة المنتشرة مثل « الدبران » و « العيون » ينتظر لها حياة أطول من ذلك ، ولكنها لا تعتبر حياة طويلة جدا . وتضع « العيون » لقانون الكتلة واللمعان ، ومدى حياتها المقبلة يبلغ حوالى ٢٠ مليون عاما ، وذلك على أساس إستهلاكها الحالى للوقود كما يرى من الجدول (١) .

أما النجوم الحمر الكبيرة التى تأتى على رأس النجوم الهامة فى الصورة العائلية للحشود الكرية فأمرها يختلف عن ذلك تمام الاختلاف ، وإذا كنا على صواب فى الظن بأن مثل هذه المجموعات الدائرية منه ، فكيف بقيت تلك النجوم الحمر على قيد الحياة ، وما السر فى ذلك ؟ . وحتى إذا إقترضنا أن تركيبها يمكن تعديله بحيث يحقق الشروط اللازمة للدورة الكربونية ، فإن حياتها المقبلة تعادل الحياة المقبلة « للعيون » ، وذلك على أساس أن كتلة هذه النجوم تعبر عن لمعانها بالطريقة العادية وبذلك يكون مدى حياة هذه النجوم لا يزيد عن العمر المحتمل للحشود الكرية .

ويحذر بنا الآن أن نقرر أن طيف النجوم اللامعة الباردة فى الحشود الكرية لا يشبه إطلاقا طيف نجوم الجبهة الأولى المماثلة لها فى اللون واللمعان ، (وذلك بعد أن تمكنا بعد عناء كبير من تسجيل أطراف هذه النجوم) كما أن التركيب الكيميائى لنجوم الجبهة الثانية يختلف إختلافا بينا . ومن المحتمل أن

يكون مقدار ما تحتويه نجوم هذه الجهرة من أيدروجين أقل مما تحويه هذه النجوم اللامعة الباردة، مما يعد دليلاً على إستهلاكها بعض غذائها إستهلاكاً جزئياً .

وتعطى النجوم القليلة ذات السرعة الفائقة معلومات أهم (وهذه النجوم أفراد من الجهرة الثانية) وهى نجوم من العملاقة الحمر ويمكن مقارنتها بالعملاقة الحمر فى الحشود الكرية . وقد رأينا فى الباب السادس أن النجم السماك الرامح وهو أشهر النجوم ، أقل لمعانا مما يجب ، وهو لا يخضع لقانون الكتلة واللمعان ، فتكون حياته المقبلة أطول . والرقم الذى أعطى فى الجدول (١) للحياه المقبلة للنجم السماك الرامح وهو خمسون مليون عام ، ليس كبيراً إلى حد الوصول إلى الأفق الزمنى ، ولكنه يدفعه نحو هذا الاتجاه ، ويبدو أن كثير من العملاقة الحمر ذوات السرعة الفائقة أقل لمعانا مما ينتظر ، كما بين « كينان » Keenan ومن المحتمل أن تكون جميع النجوم الحمر اللامعة فى الحشود الكرية أقل مما يستدل عليه من لمعانها إذا طبقنا قانون الكتلة واللمعان .

وإذا كانت النجوم اللامعة فى الحشود الكرية أقل لمعانا مما ينتظر فإن ذلك يعنى إمتداداً فى عمرها ، كما أن ذلك يمدنا بإجابة مقبولة على سؤالنا الخاص بمصير النجوم اللامعة فى الجهرة الأولى التى تفوق النجوم العملاقة . وكما سبق أن رأينا ، لا تشتمل الحشود الكرية على نجوم سلسلة التتابع الرئيسية لحشب ، بل يحتوى كثير منها على عملاقة حمر . ويبدو أن العملاقة الحمر فى كل حشد تقع بالقرب من المستوى الذى تنتهى عنده سلسلة التتابع الرئيسية ، فى الصورة العائلىة ، وفى الناحية العليا منها . فهل نحن نشاهد بداية تقدم صوب جهرة من النجوم العملاقة الحمر ؟ من المحتمل أن يكون للعملاقة الحمر فى كوكبة القلاص كتل أكبر مما يستدل عليه من لمعانها . ومن المحتمل أن تمثل هذه النجوم طورا من الإطوار التى تمر بها نجوم مثل رجل الجبار ، أو مثل النجوم

اللامعة في كوكبة الثريا حينما تقترب من نهاية حياتها ، فتكون هذه الاطوار هي الخطوة الاولى في الطريق الذي ينتقل بها إلى رأس عائلة من عائلات الجهرة الثانية . ومن المحتمل أن تكون هذه النجوم محتفظة ببقائها عن طريق الإنكماش مع عملية تروية تنحدر نحو الزوال ، فيكون للإنكماش في النهاية الدور الأعظم .

وبعد هذا العرض المختصر للعمليات الممكنة التي يمكن أن تتغير بها النجوم سأقوم بتلخيص آرائى بأن أذكر أن فقدان الكتلة عن طريق القذف ، أو إكتساب الكتلة عن طريق التغذية على المادة الواقعة بين النجوم تقتصر أهميتها على عدد قليل من النجوم فقط ، ولا يمكن أن يكونا من العوامل الأساسية في تطور النجوم على وجه العموم . فإستهلاك الأيدروجين وإستنفاد إمداداته في النهاية هو السبب الرئيسى لتغير النجوم . أما فيما يختص بالعمالة الحرة فلم تدرس نماذجها الخاصة كما لم تدرس لإحتمالات الإنكماش دراسة كافية تؤدي إلى نتيجة حاسمة ؛ وإن كان بعض العمالة الحرة قد تبقى أجيالا كونية طويلة ، إذا أصبحت أقل لمعانا مما يجب ، وأخذت تستمد بعض الطاقة من إنكماشها . فإذا تقبلنا هذه الآراء بقبول حسن فإن الطريق الذي تتبعه النجوم في تطورها يتعين منذ البداية . فالنجوم تبدأ بكتلة ما وتظل ثابتة على وجه التقريب طيلة حياة النجم . كما أن ما يولد من النجوم الصغيرة الكتلة أكبر عددا بكثير مما يولد من النجوم ذات الكتلة الكبيرة .

ميلاد النجم :

بذلك نعود إلى موضوع ميلاد النجوم . والآراء الخاصة بأصل النجوم تتبع نفس الطريق الذى تسير فيه آراؤنا الخاصة بأصل المجموعة الشمسية . وقد إختفت الآن الصورة التي رسمت منذ خمسين عاما لأصل المجموعة الشمسية ، حيث تخيلنا أن الشمس هي أم الأرض . أما الآن فنتقصد أن الأرض أخت الشمس الصغرى . وقد ردنا تطور المجرات إلى دوامات الغاز

الأولية . وإنى أعتقد أن النجوم لابد أن تكون قد تكونت من الغبار والحبات الموجودة داخل الغاز نتيجة لهذه الدوامات .

وهذا ما أعتقد هو السبب في كبر المجموعات المستنة ، وإزدحامها ، (وأعتقد أن الحشود الكرية متصفة بهذا الوصف) ذلك أنها تكونت في الوقت الذى كانت فيه المادة النجمية متوافرة . وهبوط طبقة الغبار والغاز صوب مستوى المجرة ، إستمرت النجوم في التكون . ولا يزال الغبار والغاز كفيين في طبقة رقيقة ، لذلك تتكون النجوم في هذه الطبقة الآن . وتتوقف فرصة تكوين نجم على حركة الغبار وكثافته وضوء النجوم القريبة — ومن المحتمل أن يستغرق خروج نجم من غمار الغبار ووصوله إلى درجة اللمعان مدة تقرب من مليون سنة .

ولكن كيف تبدو هذه النجوم الأولية ، هذه النجوم لابد أن تتكاثف على شكل كرى ، ويكون هذا التكاثف بطيئا في البداية ، ثم يزداد سرعة فتسخن النجوم بسرعة تبعاً لذلك ، وترتفع درجة حرارة باطنها إلى الحد الذى تبدأ عنده العمليات النووية ، عند ذلك يصبح النجم نجماً . وإذا أردنا تلس مثل هذه النجوم فعلينا أن نقوم بفحص الطبقة الرقيقة الواقعة في مستوى المجرة للعثور على النجوم الحارة التى يكون غشاؤها الخارجى في حالة حركة عنيفة . فهل نجوم ولف رايت قد ولدت حديثاً ؟ إن هذه النجوم لازالت ملتصقة بمستوى المجرة ، وتسكن الأذرع الحلزونية ، وهى شائعة بوجه خاص في السحابة المجلانية الصغيرة السن وهى السحابة الكبرى حجماً ، وتنطبق على هذه النجوم جميع الشروط المطلوبة .

وهناك مكان آخر نرى فيه نجوم ما قد تكون في طور الميلاد ، ففي داخل بعض السدم الكبيرة المظلمة ، مثل السدم الموجودة في كوكبتى الثور والجبار

نرى نجوما غريبة محاطة بعروق من الغاز المنير ، قد تكون نجوما في طور التكوين . وهذه النجوم كثيرة العدد إلى حد لا يعقل معه أن تكون نجوما عابرة تمر بهذه الأماكن عن طريق المصادفة وتلتقط شيئا من المادة أثناء هذا العبور ، وإن كان بعض الفلكيين يفضل مثل هذا التفسير . وإذا ألقينا نظرة على ماتم تكوينه من النجوم فلا يمكن بأى حال أن ننكر أن النجوم الصغيرة الخافتة لابد أن تكون قد تكونت بأعداد أكبر بكثير من النجوم الأخرى .

ولكن ماهى التجارب التى سيمر بها النجم الحديث الولادة؟ من الواضح أنه لابد أن يكون مثل هذا النجم فى حالة دوران ، لأنه قد ولد بفضل المساعدة التى تلقاها من الحركة الدوامية ، وقد قامت بعض النظريات الخاصة بتطور النجوم على أساس هذه الحركة الدورانية وبنيت عليها كثير من النتائج ، فترى أن هذه الحركة هى التى تؤدى إلى شطر النجم إلى شطرين ، وقد يتم ذلك على عدة خطوات تؤدى فى النهاية إلى مجموعة متعددة الأجزاء كما هو الحال فى نجم رأس الثور المقدم ، ولما كانت الغالبية العظمى من النجوم مزدوجة ، فلا بد لكل نظرية من نظريات التطور أن تفسر هذا الميل إلى الإزدواج إذا أريد للنظرية البقاء . لذلك يعتبر هذا الشرط قد أستوفى إذا إقتضت النظرية أن الغالبية العظمى من النجوم قد تكونت بإنشطار النجوم الأولية التى تدور بسرعة . ومن الأمور ذات الدلالة أن النجوم اللامعة الحارة هى أسرع النجوم تدويرا ودورانا (وهى تدور جميعا دون إستثناء) ، بينما النجوم الخافتة مثل الشمس وما هو أدنى منها لمعانها فحركتها الدورانية صغيرة ، إلا إذا كانت أفرادا من مزدوجات متقاربة .

وهناك مزية أخرى للرأى القائل بأن النجوم الحديثة الولادة تدور بسرعة ثم تنقسم ، ذلك أن هذا الدوران يدفع بهذه النجوم نحو أسفل سلسلة التابع الرئيسة . فقانون الكتلة والللمعان ينص على أن الللمعان يتناسب مع

مكعب الكتلة ، أو يزيد عن ذلك قليلا ، فإذا إنشطر نجم إلى قسمين متساويين ، وظل كل منهما خاضعا لهذا القانون ، فسيكون لمعان كل منهما مساويا لجزء من ثمانية أجزاء من لمعان النجم الأصلي ، وإذا تكررت العملية عدة مرات فإن ذلك يؤدي إلى توزيع النجوم الناتجة في أجزاء متباعدة من سلسلة التتابع الرئيسى ، كما هو الحالة في مركبات نجم رأس الثور المقدم.

المزدوجات القريبة من النجوم

ولكن الأمر ليس إلى هذا الحد من البساطة ، فهذا رأى لا يمكن أن يفسر واقع الحال في الشعري اليمانية فرفيق الشعري اليمانية أقل من الشعري اليمانية وزنا ، وإذا كان هذا هو الحال دائما (كما يبدو محتملا) ، فإن رفيق الشعري اليمانية لابد أن يكون قد قطع شوطا أقل في الطريق إلى الإفلاس بدلا من أن يكون قد وصل إلى هذه الحالة ، ومن الممكن أن يفترض المرأ أن هذا النجم قد تكون أصلا من مادة فقيرة في الأيدروجين .

وهذه الصورة التي رسمناها لرفيق الشعري اليمانية تؤدي إلى الاعتقاد بأن الشعري اليمانية ورفيقه لم يكونا يوما ما وحدة واحدة ، وأنهما قد تكونا معا من مادة غير منتظمة التكوين . وهناك مدرسة أخرى للفكر غير المدرسة التي تمتد بأن النجوم الثنائية قد نتجت عن الإنشطار ، وتفترض هذه المدرسة أن النجوم الثنائية لم تتكون من إنشطار نجم واحد ، وأن النجمين قد ولدا في وقت واحد من الغبار الواقع بين النجوم . وهناك ما يدعم هذا الرأى فلا يمكن أن يفترض المرء مثلا أن الحشد النجمى قد تكون من إنشطار نجم دوار . كما أن بعض المجموعات كالمجموعات المرافقة للشعري اليمانية تحتاج لتفسير وجودها إلى افتراض أصل مستقل لكل منها . ولكننى لا أظن أن الدلائل على دوران النجوم اللامعة الحارة ، وعدم دوران النجوم الأكثر خفوتا من الشعري اليمانية بالإضافة إلى العدد الكبير من النجوم

المزدوجة المتناهية القرب بعضها من بعض ، كل هذا لا يمكن تفسيره
بغير الإنشطار .

وهناك طريق آخر يحتمل أن يصل به الشعرى اليمانية ورفيقه إلى المرحلة
الحالية . فإذا كانت مجموعة الشعرى اليمانية وقت ما مزدوجا مثل الغول
، أو حتى مثل الجديان ، فإنها تتكون من نجم من سلسلة التابع الرئيسية مع نجم
ينتظر له حياة أقصر . فالنجم الأحمر في مجموعة الغول ، يحتمل أن يكون
فائق اللامعان إذا كان مشابها للنجوم الحمراء والمناظرة في المجموعات التوأمية
المماثلة . ومن المؤكد أن لكثير من المزدوجات المشابهة للغول ، هذه
الخاصة ، وذلك كما أكد ستروف . ومن المحتمل أن يكون رفيق الشعرى
اليمانية قد وصل إلى حالة القزم الأبيض بسبب شدة إسرافه في الماضي ،
فكان لمانته أكبر مما تحتمله كتلته (كما ينتظر من قانون الكتلة واللامعان) ،
فاستنفذ رصيده قبل رفيقه من سلسلة التابع الرئيسية . ولكن هذا الرأي
لا يمكن اعتباره تفسيراً ، إذ أنه يؤدي بنا إلى مشكلة أخرى وهي : ما هو تاريخ
مجموعة نجمية تشتمل على نجم عادي ونجم فائق اللامعان ؟ وقد تقدم ستروف
بإقترح بنص على أن مثل هذه المزدوجات قد تكونت حديثا ولم يمض
عليها الوقت الكافي لكي تستقر . غير أن آراءنا وإن كانت لا تمدنا
بتفسير أساسي ولكنها توحى بالطريق الذي يمكن بواسطته اشتقاق نوع ما
من المجموعات النجمية من مجموعة أخرى معروفة ، وبذلك تتحول مسائلان
إلى مسألة واحدة .

وربما نكون الآن في الطريق إلى الاعتقاد بأن العلاقة التي تربط الكتلة
باللامعان هي في الأساس خاصة لنجوم سلسلة التابع الرئيسية . فمعظم النجوم
التي يمكن قياس كتلتها هي أفراد من هذه السلسلة . كما أن بعض أشباه
العماقة من النجوم وبعض شواخخ العماقة هي نجوم فائقة اللامعان . كذلك
بعض نجوم الجبهة الثانية هي نجوم قاصرة اللامعان ولعلنا خلال طلبنا للتناسق

قد تعدينا الحدود في تبسيط العلاقة بين اللعان والكتلة وأغفلنا بذلك بعض الانحرافات التي تقبض على مفتاح الحل لمسألتنا . إن معظم النجوم التي نعلم بأنها فائقة اللعان — كالرفاق المنتشرة من نجوم « الغول » ، وأفراد مجموعات و . الدب الأكبر (الأقزام التوائم) — هي أفراد من مزدوجات شديدة القرب ، ويعد ذلك دليلا على صغر منها نسبيا . . . ونجوم و . الدب الأكبر تدور بسرعة كبيرة كذلك وهذه صفة أخرى أصبحنا نراها ملازمة لحداثة الأصل . وقد بدأ الشك يغزو أقدتنا أن تكون نجوم الجهرة الثانية اللامعة قاصرة في اللعان (وإن كان ذلك مبني على أسس واهية لأن معلوماتنا عن كتلتها غير مباشرة) . ومن المحتمل أن تكون « الزيادة في اللعان ، صفة مميزة للنجوم الصغيرة السن ، وأن يكون « القصور في اللعان من صفات النجوم المعمرة ، ولكن لا بد أن يكون هناك عوامل غير معروفة حتى الآن تعدل الميل للإتصاف بهذه الصفات . وتدخل الكتلة والدوران والتركيب الداخلى والتكوين الابتدائى ضمن هذه العوامل ومن المحتمل أن تتداخل كل هذه العوامل مع بعضها البعض .

طريق ممكن للتطور النجمى

وسأنهى هذا الكتاب برسم طريق للتطور النجمى ، وهى آراء شخصية خاصة . فالنجوم تتكون من الغبار الواقع بين النجوم ، وتكون غالبية النجوم عند ولادتها صغيرة ، أما الكبيرة فقلة ، والمتناهية فى الكبر أقل بكثير . وتتكشف النجوم الأولى بسرعة ، فتسخن تبعا لذلك وتبدأ فى اللعان ، ويكون معظمها نجوما فى سلسلة التابع الرئيسة . والنجوم الشابة التى تتكون من الغبار الواقع داخل الغاز المتدوم والواقعة تحت تأثير إشعاعات النجوم الأخرى المحلية ، فإنها تبدأ حياتها بميل نحو الدوران . أما ما يدور منها بسرعة فيعانى إنشطارا (وربما كان ذلك فى المرحلة السابقة لتكونه ، وربما بعد البدء فى اللعان) ، ثم تنوزع الأجزاء على سلسلة التابع الرئيسة ويكون

لهذه النجوم جميعاً نفس التركيب ، غير أن الثقل منها يكون أشد حرارة عند المركز . ثم تأخذ هذه النجوم في إستهلاك أيديرو جينها بمعدل يتوقف على كتلتها ، وتبدو المجموعة بذلك على شكل حشد مجرى .

وعندما تبدأ النجوم الأكثر لمعانا في إستهلاك رصيدها من الأيدروجين ويأخذ هذا الرصيد في النفاذ ، فإنها تأخذ في الابتعاد عن سلسلة التابع الرئيسية ، متجهة نحو اليمين إذا كانت لا تدور فلا يسهل تقليب مادتها . وفي نفس الوقت تبدأ هذه النجوم في تكوين أغلفة كبيرة وتصبح نجوما عملاقة ، قد تنحو بالتدرج نحو الحفوت ، وتأخذ في النهاية موضعها في سلسلة العملاقة التي توجد في الحشود الكرية (الجمهرة الثانية) . وللنجوم المتغيرة دور في هذا التحول ، ولكنني أعترف بأنني لا أعلم ما الذي يميزها عن النجوم العملاقة المجر غير المتغيرة . وتبدو الأولى ألمع من الأخرى إذا قورن اللون باللون وهذا يدل على وجود بعض الاختلاف ، ولكن أهو إختلاف في التركيب أم في التكوين ؟ إنني لأحب التخمين . ولكنني أظن أن النجوم المتغيرة في الجمهرة الأولى هم أسلاف النجوم المتغيرة في الجمهرة الثانية ولكن وجود ذلك العدد الهائل من نجوم ر. ر. السلياق (في الجمهرة الأخيرة) يحتاج إلى تفسير ، كما أنني غير واثقة أن ذلك العدد المشاهد من القيفاويات يتسق مع هذه الفكرة . على أنه من المهم أن نلاحظ أن السحابة المجلانية الصغرى (التي تبدو أكبر سنا من الكبرى كما سبق أن رأينا) تشتمل على عدد كبير من القيفاويات ذات التغذية القصيرة المدة التي يحتمل أن تكون في طريقها إلى التحول إلى نجوم ر. ر. السلياق .

ويجانب النجوم القليلة التي تتحرك نحو اليمين من موضعها في سلسلة التابع الرئيسية لتصبح من العملاقة ، يوجد على وجه الإحتمال نجوم تتحرك

صوب اليسار قليلا لتصحيح الوقت المناسب أشباه أقزام وهي أققر فيما تحتويه من أيديروجين من نجوم سلسلة التتابع فتكون بذلك نموذجاً لنجوم الجبهة الثانية. وهذه النجوم ، أو على الأقل بعضها ، ستؤول في النهاية على وجه الإحتمال إلى نجوم جديدة ، وتدفع نفسها إلى أسفل في سلسلة أشباه الأقزام ذات الانفجارات الآخذة في التضائل التي تحدث في قترات آخذة في القصر والمصير النهائي لهذه النجوم هو مرحلة الأقزام البيضاء . وما يثير الإهتمام أن يكون لمعظم الأقزام البيضاء المزدوجة رفقاء من النجوم الحر الخافتة . أما ذلك القليل من الأقزام البيضاء المزدوجة ، مع نجوم ألمع منها من سلسلة التتابع الرئيسية ، مثل الشعري الأيمانية والشعري الشامية ، أو المزدوجة مع عملاقة حمراء متغيرة مثل نجم ميراسيتاي فتمثل مسألة أخرى .

وقد أثبت الفلكيون براهين مقنعة أن النجوم التي يقل ثقلها عن ثقل الشمس مرة ونصف مرة هي فقط التي تستطيع الوصول إلى طور الأقزام البيضاء . أما النجوم الأثقل التي تستنفد رصيدها من الأيديروجين فمن المحتمل أن تتبع طريقاً آخر . ومن الممكن أن يمثل إنفجار النجوم فوق الجديدة عملية تصفية لهذه النجوم .

هذه هي الصورة الشخصية التي رسمتها لتطور النجوم . وإلى على يقين أن بهذه الآراء بعض الشطط ، وأن توزيع ألوان الصورة لم يحسن معالجته ، وأني قد وضعت ألوان في بعض المواضع أقل مما يجب كما أهملت مواضع أخرى . ولكنني بذلت بعض الجهد في الإتجاه نحو إعطاء كل لون حقه على الأقل ، كما لم أدر وسعا في تجنب تأثير التعاليم غير الموضوعية التي تعتمد على النظريات التي تبحث فيما يجب أن تكون عليه الأشياء بدلا من الإعتماد على الأرصاد التي تبين الأشياء كما هي .

وهناك سؤال أخير وهو: وإلى أين ينتجه الكون في سيره؟ وما هو
المصير النهائي للعالم النجمي؟ وأستطيع أن أتطلع بشئ من السرور إلى عالم
مكون من سديم بيضيه متماثلة لاهيكل لها، أى جهرة ثانية صرقة. ثم بعد ذلك
بوقت طويل قد تأتى جهرة من الأقزام البيض الصرقة، تخلف النجوم
الأقل ثقلا وتزينا نجوم فوق جديدة متفرقة حينئذ تأخذ النجوم الأثقل
طريقها نحو الفناء. وهناك شئ واحد يبدو واضحا وهو أن مثل هذا الكون
لا يمكن أن تضاء شعله شبابه. فالأقزام البيض في زقاق مظلم، ومادتها قد
تلفت، ولا يمكن حتى أن تلمسك. وإذا كان من الصعب تخيل حالة الكون
في بدايته فمن الصعب كذلك تخيل حالته في النهاية مع بعض الاختلاف في
الحالتين. ولحسن الحظ أنه لا يزال يدنا وبين النهاية وقت طويل يزيد عن
الآفق الزمني للماضى. وربما كنا على خطأ حينما تخيلنا أن ذلك أمر ممكن
الوقوع، فلا زال أمام العلم شوط طويل.

إنفض الكرى عن عينيك يا صاح... فالدينا لم تزل غضة فتية...

.. رغم وطأة الأحقاب المتطاولة المليئة بالمتاعب والمهموم...

إن أروع المعارك لم يندلع ليها بعد..

.. وإن أعذب الأغاني لاتزال تفتظر من ينشدها...

قائمة بالمصطلحات العلمية وأسماء النجوم

المستعملة في هذا الكتاب

A

Absolute luminosity

اللمعان المطلق

Absolute magnitude

القدر المطلق

Aldebran

نجم الدبران

Algol

نجم الغول

Alnitam

نجم سلسلة اللآلئ

Alpha Centauri

نجم ألف قنطوري

Alpha Draconis

نجم ألف التنين

Andromeda , spiral galaxy in

مجرة المرأة المسلسلة اللولبية

companians of

توابع مجرة المرأة المسلسلة اللولبية

Antaras

نجم قلب العقرب

Arcturus

نجم السماك الراجح

Associations , stellar

التجمعات النجمية

Anriga

كوكب عمسك الأعتة

Aurora Borealis

الشفق القطبي

B

Bankrupt stars

النجوم المفلسة

Barred spirals

لولبيات ذات العمد

Beta Centauri

نجم الحصار

Betelgeuse

نجم إبط الجوزاء

Big Dipper

كوكبة الدب الأكبر

Bright nebulae

السدم اللامعة

C

Calcium , interstellar

كالمسيوم الفراغ النجمي

spectroheliograms

صورة الشمس الطيفية في ضوء الكلسيوم

Canis Major

كوكب الكلب الأكبر

Canopus

نجم سهيل

Capella

نجم العيون

Carbon cycle

دورة الكربون

Cassiopeia

كوكبة ذات الكرسي

Castor

نجم رأس الثور المقدم

Cepheid variables

المتغيرات القيفاوية

Cromosphere

الطبقة الكرية الملونة أو

الكروموسفير

Cluster, galactic	الحشد المجرى	Eta Carinae	نجم إيتا كارينا
Cluster, globular	الحشد الكروي	Evolution of Galaxies	تطور المجرات
Cluster of stars	حشود النجوم	Excited atoms	الذرة المثارة
Coal Sack	زكية الفحم	Expanding universe	الكون المتمدد
Collisions of galaxies	تصادم المجرات	F	
Coma cluster of galaxies	حشد المجرات في كوكبه الشعر البرنيقية	Flare	التأرجح
Corona	الهالة الشمسية	Flocculi	الرغب
Corona Austrina	كوكبه الاكليل الجنوبي	Forbidden lines	الخطوط المحرام
Corona Borealis cluster of galaxies	حشد المجرات في كوكبه الاكلال الشمالى	Fraunhofer lines	خطوط فريهوفر
Crab Nebula	سديم أبو جليبو	G	
D		Gamma Virginis	نجم العواء
Dust, interstellar	تراب الفراغ النجمى	Giant stars	النجوم العملاقة
Dwarf stars	النجوم الأقزام	Grains, interstellar	حبوب الفراغ النجمى
E		Granulation, solar	التجيب الشمس
Eclipsing binaries	المزدوجات الكسوفية	H	
Elliptical galaxies	المجرات البيضية	Hercules, globular cluster	حشد هرقل الكروي
Epsilon Aurigae	نجم العنبر	Hyades	حشد القلاص المجرى
Epsilon Lyrae	نجم السلياق الخامس	I	
		Ionised atoms	الذرات المتأينة

Irregular galaxy	المجرة غير المنتظمة	N	الخطوط السديمية
J		N . G . C	الكتالوج العام الجديد
Jupiter	المشتري	Normal spirals	اللولبيات القياسية
K		Novae	النجوم الجديدة
Kappa Crucis	نجم ك . الصليب الجنوبي	O	
L		Obscuration, interstellar	اعتمه ما بين النجوم
Long period variables	متغيرات طويلة الأمد	Omega Centauri	نجم أوميغا قنطوري
Lyra	كوكبة السلياق	Omicron ² Canis Majoris	نجم العذاري
M		Omicron ² Eridani	نجم أدحي النعام
Magellanic Clouds	سحب مجلان	Ophiuchus	كوكبة الحواء
Magnitude	القدر	Orion	كوكبة الجبار
Magnetic storms	الزوايج المغنيطية	Overluminous stars	النجوم الوضاء
Main sequence	التتابع الرئيسي	Owl Nebula	سديم أول
Mass luminosity relation	علاقة الكتلة اللمعان	P	
Mercury	الكوكب عطارد	Parallax	إختلاف الرؤية
Messier	مسيه	Perseus , double Cluster	الحشد المزدوج في كوكب فيرساوس
Metastable state	الحالة القلقة	Pi ² Orionis	تاج الجوزاء
Microwaves	الأمواج اللاسلكية	Planetary nebulae	السديم الكوكبي
Milky way	طريق اللبن (التبان)	Pliades	الثريا
Mira Ceti	نجم ميراسيتاي		
Mizar	نجم ميزار		

Pleion نجم العقودي
Polaris النجم القطبي
Polarization , interstellar استقطاب ما بين النجوم
Population I المجرة الأولى
Population II المجرة الثانية
Prestellar material المادة التي تكونت منها النجوم
Procyon نجم الشعرى الشامية
Prominence التوه الشمسي
Proton - proton reaction تفاعل البروتون البروتون
Proxima Centauri نجم الاقرب القطوري
R
Radioactivity النشاط الاشعاعي
Recession of galaxies إدبار المجرات
Reddening , interstellar احمرار ما بين النجوم
Red dwarf stars الأقزام الحمراء
Red giants , nutrition of غذاء العملاقة الحمراء
Reversing layer الطبقة العاكسة
Rigel نجم رجل الجبار
Ring Nebula in Lyra السديم السلياق الحلقي

R R Lyrae variables متغيرات ر. ر. السلياق
R V Tauri variables متغيرات ر. ف الثور
R W Tauri نجم ر. و. الثور
S
Sagittarius كوكبة القوس
Scorpio كوكبة العقرب
S Doradus نجم من السباك الراح
Sirius نجم الشعرى اليمانية
Southern Cross كوكبة الصليب الجنوبي
Spectroheliogram صورة الشمس الطيفية
Spectroscopic binaries المزدوجات الطيفية
Spicules الشويكات
Spiral arms الأذرع اللولبية
Spiral galaxies المجرات اللولبية
Stellar explosion الانفجار النجمي
Subdwarfs الأقزام الدنيا
Subgiants العملاقة الدنيا
Subsystems , galactic الأقسام الثانوية للمجرة
Sunspots الكلف الشمسي
Supergiants النجوم العملاقة العليا
Supernovae النجوم فوق الجديد
Symbiotic stars النجوم العجيبة

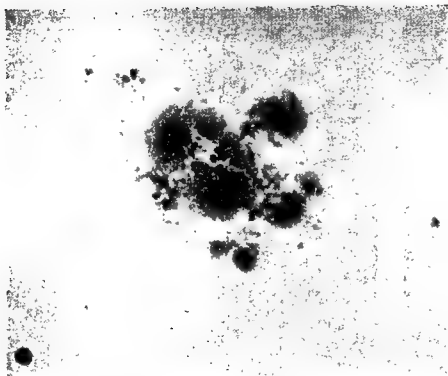
T	V V Cephei
Taurus كوكبه الثور	نجم قيفاوس المتغير الأربعون
Trapezium of Orion	W
نجوم رباعى الجبار	W Crucis
U	نجم الصليب الجنوبي المتغير السادس
Underluminous stars	White dwarfs الأقزام البيضاء
النجوم الخافتة	Wolf-Rayet stars
U Orionis	نجوم وولف رايت
نجم ي الجبار	W Virginis stars
Uranus	نجوم و. العذراء
الكوكب يورانوس	W Ursae Majoris stars
Ursa Major star cluster	نجوم و. الدب الأكبر
حشد الدب الأكبر المجرى	Z
U W Canis Majoris	Z Andromeda
نجم و. ي العظيم	نجم ز المرأة المسلسلة
V	Zeta Aurigae
نجم النسر الواقع	نجم الجديان
Vega	Zodiac
	منطقة البروج

ظهر من كتب العلوم في مجموعة الألف كتاب

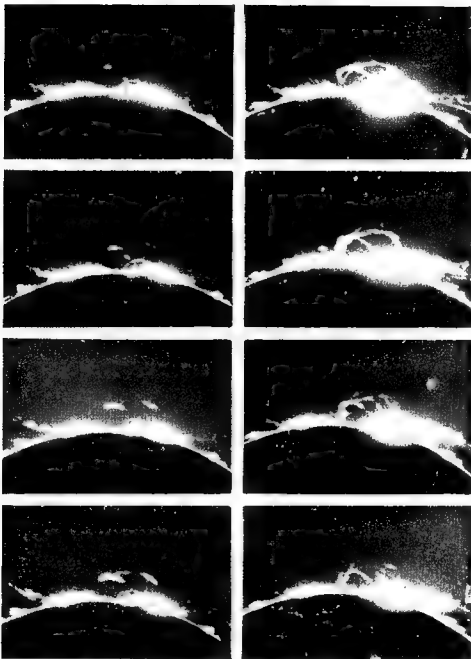
المؤلف	اسم الكتاب
قُدري حافظ طوقان	(١) العلوم عند العرب
دكتور عبد الحميد أحمد أمين	(٢) الطاقة الذرية ماضيها حاضرها ومستقبلها
أحمد مختار الجمان	(٣) الكيمياء في خدمة الطب
مصطفى كامل الجنيدى	(٤) العلم والحياة الإنسانية
ل. ج. ف. برميل ترجمة حسن خطاب	(٥) العلم في عالم متغير
الدكتور محمد جمال الدين الفندى	(٦) قصة الكون من السديم إلى الإنسان
والدكتور محمد يوسف حسين	
دكتور إسماعيل مزاع والدكتور	(٧) الرادار في السلم
رزق الله سدره	
جيرالد نودت د	(٨) الطاقة الذرية واستعمالها في السلم
عز الدين فراج	(٩) العلم والحياة
عز الدين فراج	(١٠) الغذاء الكامل
يوسف الحاروني	(١١) قصة الحديد
دكتور محمد جمال الدين	(١٢) الطاقة الذرية
ودكتور إسماعيل مزاع	
المجمع المصرى للثقافة العلمية	(١٣) الذرة في خدمة السلام
شو ترجمة دكتور عزيز ميلاد فريضة	(١٤) قصة الطقس
جيمس ستوكلي ترجمة الدكتور محمد الشحات	(١٥) العلم بعيد بناء العالم
دكتور محمد جمال الدين النفدى	(١٦) طبيعات الجو وظواهره
فوزى كامل لطفى	(١٧) التلفزيون
جون درو ترجمة الدكتور محمد رشاد الطوبى	(١٨) الإنسان والميكروب والمرض
ف. م. برنت الدكتور سعد الدين	(١٩) الفيروس والإنسان
عبد الغفار	
أوتوهان	(٢٠) استخدام الطاقة الذرية
الدكتور إبراهيم فهم	(٢١) علاج نفسك بالفضاء

المؤلف	اسم الكتاب
{دكتور مالكوم بير ترجمة دكتور أحمد احمد الحسيني	(٢٢) الكشف والفتح في الميدان العلمي
راشيل كارسون ترجمة أحمد مختار الجمال	(٢٣) البحر المحيط بنا
{ال. س. وت ، ت دوپر هانسكي ترجمة عز الدين فراج	(٢٤) الوراثة والسلالة والمجتمع
ورنر بولدو ترجمة دكتور عبد الحميد أحمد أمين	(٢٥) إلى عالم آخر
جامو ترجمة الدكتور أحمد حماد	(٢٦) الشمس
الدكتور عفاف صبرى	(٢٧) استخدام الطاقة الذرية
{لانسولت هوبجمن ترجمة الدكاترة عطية عاشور وطلبة السيد وراجي حليم مقار	(٢٨) الرياضة للليون
ي. م. استيفنتسون ترجمة الدكتور إبراهيم عبد المجيد	(٢٩) استئفاء الحيوان
دكتور أحمد محمود البطراوي	(٣٠) الجنس البشرى
محمد محمد فياض	(٣١) التقاويم
{كنيث ولكر ترجمة الدكتور فتحي مصطفى النزوى	(٣١) فسيولوجيا الإنسان





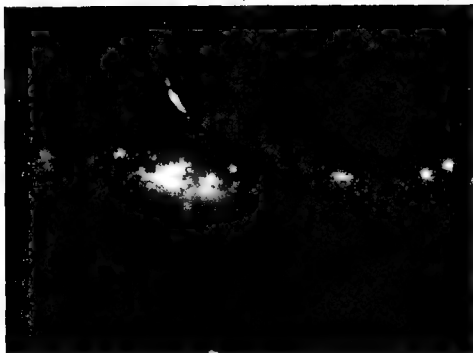
المرة رقم ١ - مجموعة من البقع الشمسية وتبدو مناطقها الوسطى
أكثر دكنة من سائرهما ، وأنها أبرد قليلا من المناطق المحيطة بها . ومع
ذلك فهي شديدة اللعان . لاحظ الحبيبات الدقيقة على جميع أجزاء سطح
الشمس . القرص الداكن في أسفل اللوحة على اليسار يمثل حجم الأرض
(عن مرصد مونت ويلسن) .



اللوحة رقم ٢ - خطوات ظهور تنوء عقدي . الصف الايمن من
 الصورة يلى الصف الايسر . وقد إستغرق حدوث هذه السلسلة من
 التغيرات مدة ساعتين (عن مرصد هاى التتيود ، جامعتا هارفارد
 وكالورادو) .



اللوحة رقم ٣ - : حالة الشمس . صورت أثناء الكسوف الكلى في
٢٨ مايو سنة ١٩٠٠ .



اللوحة رقم ٤ - منظر لمجرتنا تجاه مركزها نحو كوكبتى العقرب
 وحواء. يمكن تتبع كوكب العقرب بين النجوم. لاحظ السحب الجمية
 اللامعة وقد غشيتها سخابات من المواد القائمة. أما الحلقات التي تحيط بالنجوم
 فليست حقيقية بل بتأثير التصوير (عن محطة بويدن بمرصد هارفارد).



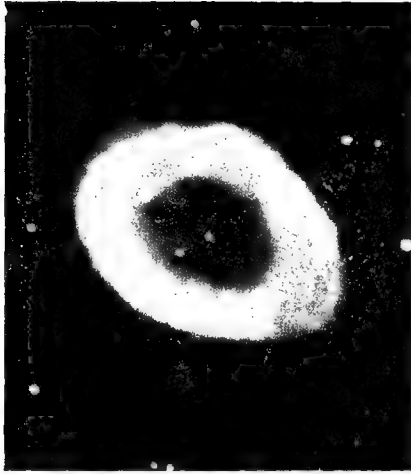
اللوحة رقم ٥ - سديم ، أمريكا الشمالية ، الذى يقع فى كوكبة البجعة
وقد ضاعت بعض أجزائه بضوء النجم اللامع ، الردف ، (رصد بوك
بتلسكوب جيوت بمركز هارفارد) .



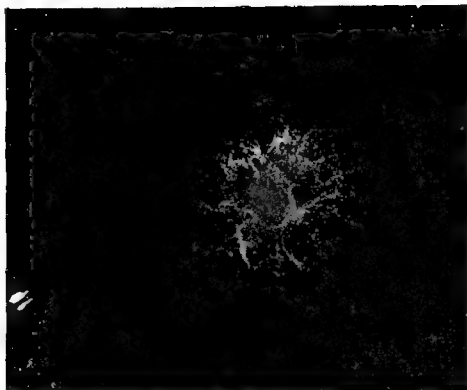
الوجه رقم ٦ - رأس الحصان ، وهو سديم في كوكبة الجبار
والجزء اللامع بين السحابتين الذكمتين ربما كان سبب لمعانه الطاقة
الناشئة من تلاطم السحابتين (عن مرصد مونت ولسن) .



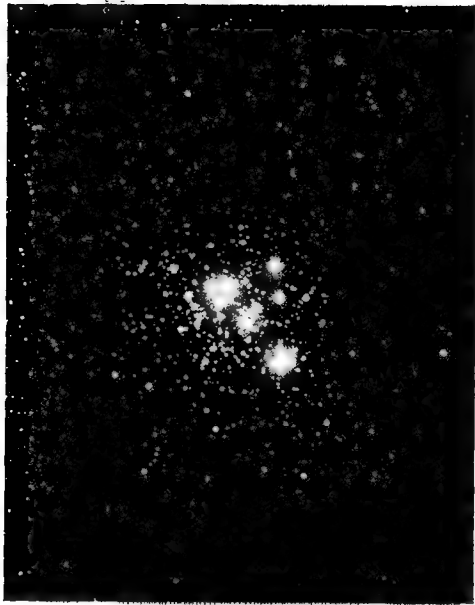
الموحة رقم ٧ - السديم الاكبر في كوكبه الجبار يحيط بالنجم الأوسط
من سيف الجبار ، وقد نشأ لمعانه عن مجموعة النجوم الشديدة الحرارة
بنجوم الرباعي (عن مرصد مونت ولسن)



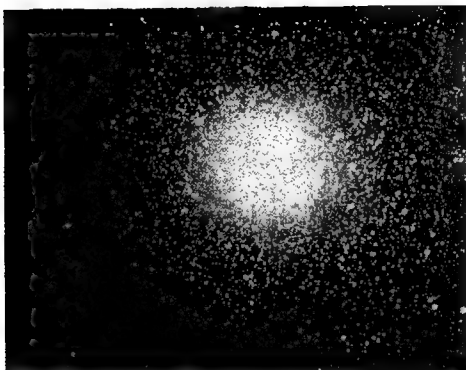
اللوحة رقم ٨ - سديم الحلقة في كوكبة السلياق وهو غلاف غازي
غاية في الضخامة يحيط بنجم ذي درجة حرارة مرتفعة جدا (عن مرصد
.ونت ويلسن)



اللوحة رقم ٩ - سديم « أبو جليو » ، في كوكبه الثور وقد تخلص
عن انفجار أحد النجوم فوق الجديدة . صور بعد ٩٠٠ سنة من حدوث
الانفجار وتبلغ سرعة الانفجار حوالى ٦٠٠ ميل / ثانية . لاحظ
الاضطراب العائى الذى إنتاب الغازات المتدلفة (عن مرصد بالومار) .



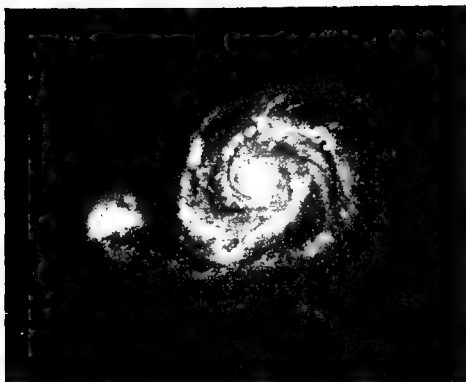
اللوحة رقم ١٠ - الحشد المجري، صندوق الحلي، (من عظة بويدن
بمحمد هارقاد).



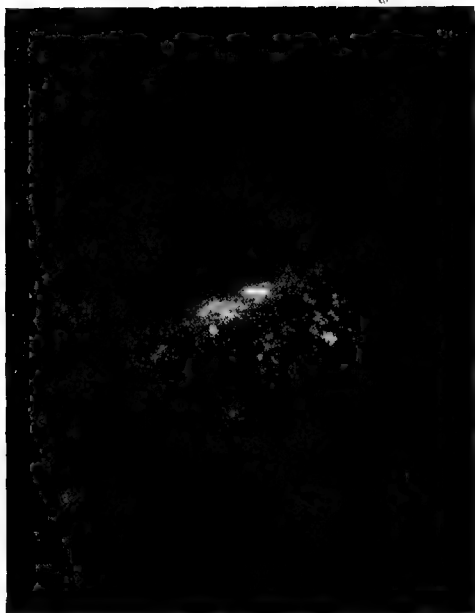
اللوحة رقم ١١ - الحشد الكرى ، أوميكا قنطوري ، في صورة .
أخذت لمدة طويلة بلوحة حساسة للون الأحمر - (عن مرصد هارفارد)



اللوحة رقم ١٢ - المجرة الدولبية الكبيرة من كوكبة المراء المسلسلة .
ويرى الرفيقان البيضان ، أحدهما أسفل المجرة ، والآخر فوقها . (مرصد
بالومار) ٥



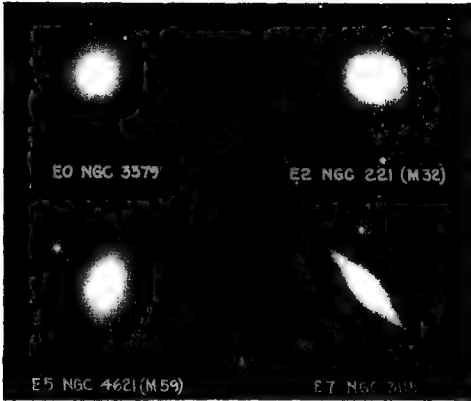
اللوحة رقم ١٣ - المجرة اللولبية م٥٩ ، وتري مواجهة لنا
تقريبا (مرصد مونت ولسن) .



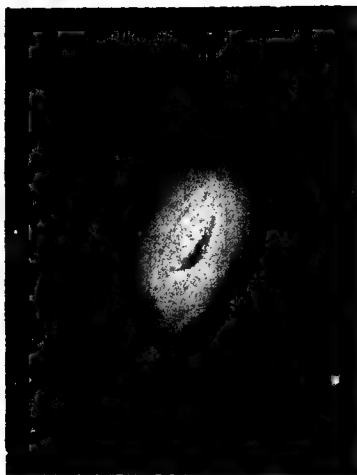
اللوحة رقم ١٤ - سحابة مجلان الكبرى (عن مرصد هارفارد).



اللوحة رقم ١٥ - غمامة مجلان الصغرى ، مصورة بمقياس رسم أكبر
من المقياس الذى صورت به اللوحة رقم ١٤ (مرصد هافارد) .



اللوحة رقم ١٦ - : أربع مجرات بيضيه . لاحظ أن المجرة رقم ٢٢١
N. O. C هي إحدى رفيقات مجرة المرأة المسلسلة. (مرصد مونت ولسن).



اللوحة رقم ١٧ - المجرة اللولبية مسييه ٦٤ (عن مرصد مونت ولسن).



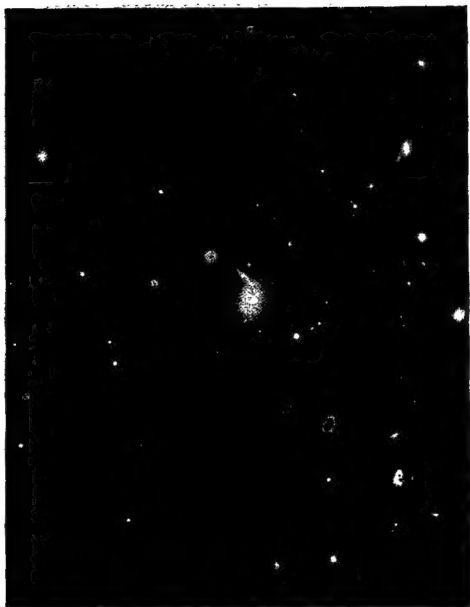
اللوحة رقم ١٨ - المجرة اللولبية ذات القضبان رقم N.G.C. ٧٤١
لاحظ التشابه بين هذه المجرة وبين سحابة مجلان الكبرى (مرصد هونولولو).



اللوحة رقم ١٩ - المجرة الحلزونية رقم N.G.C. ٤٥٩٤. الصورة العليا
مصورة في الضوء فوق البنفسجي والصورة الوسطى مصورة في الضوء
الأزرق والسفلى في الضوء الأحمر. لاحظ أن إختلاف توزيع الألوان
الثلاثة واضح بجملة ويتضح منه أن ألمع النجوم المحر (المجرة الثانية)
تتخذ في توزيعها شكلا أقرب إلى الكرية من النجوم الأميل إلى الزرقة
(رصد باده بمقرصد هون ولسن) .



اللوحة رقم ٢٠ - المجرة الشاذة رقم ٤٠٣٨ N.C.G ومن الصعب
إدراجها في سلسلة أشكال المجرات (مرصد هارفارد) .



اللوحة رقم ٢١ - جزء من حشد النجرات العظيمة المسمى «كوما» (عن
مرصد بالومار) .



اللوحة رقم ٢٢ - المجرة اللولبية N. G. C. ٧٢١٧ (عن مرصد
مونت ويلسن) .



Bibliotheca Alexandrina



0590357